

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

KONVERZNÍ POVLAKY NA HLINÍKU  
CONVERSION COATING ON ALUMINIUM

Student:

Martina Foukalová

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. František Kristofory, CSc.

Ostrava 2010

## Zadání bakalářské práce

Student: **Martina Foukalová**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Specializace: 70 Strojírenská technologie  
Téma: **Konverzní povlaky na hliníku**  
**Conversion Coating on Aluminium**

### Zásady pro vypracování:

1. Zhodnocení současného stavu.
2. Způsoby předúprav materiálu, typ používaného materiálu.
3. Návrh nové technologie včetně lázní, provedení potřebných technologických zkoušek a zkoušek odolnosti proti korozi.
4. Stanovení technologického postupu na základě provedených zkoušek.
5. Zhodnocení a závěr.

### Seznam doporučené odborné literatury:

CYRUS, Z., CHOCHOLOUŠEK, J., KRISTOFORY, F., VÍTEK, J. *Kurz galvanizérů 1*. Učební texty a návody do cvičení. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1996, 144 s.  
MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*, Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1995, 251 s.  
PRŮŠEK, J. a kol. *Hodnocení jakosti a účinnosti protikorozních ochranných povrchových úprav strojírenských výrobků*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985, 288 s. .  
<http://www.galvanovna.cz/znakcz23.html>  
Podnikové předpisy a příslušné normy.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. František Kristofory, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009  
Datum odevzdání: 21.05.2010

  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### ***Prohlášení studenta***

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2010

Martina Fmcalore

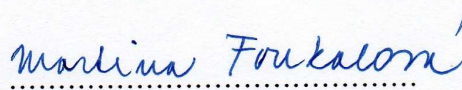
podpis studenta



Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo,
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2010

  
.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Martina Foukalová

Adresa trvalého pobytu:

Na Orátě 497, Hlubočky 78361



## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

FOUKALOVÁ M., *Konverzní povlaky na hliníku :bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2010, 78 s.  
Vedoucí práce: Kristofory F.

Bakalářská práce se zabývá vylučováním konverzních povlaků (chromátu), posouzením vlivů kovového povrchu na vlastnosti konverzního povlaku (chromátu) a posouzením povrchových vad povlaku. Součástí BP je i návrh nového technologického postupu a nové technologické linky pro nanášení chromátu s obsahem šestimocného chromu. V rámci experimentální části je proveden rozbor stávající technologie nanášení konverzního povlaku chromátu, ověření technologií nových, mnou navržených. Úprava technologických postupů, jejich ověření a laboratorní vyhodnocení vzorků.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

FOUKALOVÁ M., *Conversion coating on aluminium : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2010, 78 p. Thesis head: Kristofory F.

This Bachelor paper is concerned with precipitation of conversion coatings (chromate), assessing the influence of metal surfaces on Chromate conversion coating and assessment of the surface defects of the coating. A design of a new technological process and a new production line for applying coating with content of Cr+6 is a part of this diploma paper. Analysis of the contemporary chromate rating technology and a laboratory evaluation of samples is done within the scope of the experimental part. An analysis of current Chromate conversion coating technologies and verification of new technologies designed by me are tended to in scope of the experimental part, as was the adjustment of the technological processes with their consequential verification and laboratory evaluation of samples.

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| 0. Úvod .....   | 8  |
| 1. Konverzní povlaky .....  | 11 |
| 1.1 Přehled konverzních povlaků a jejich vlastnosti .....                                 | 12 |
| 1.2 Chromátování hliníku a zinku .....  | 13 |
| 1.2.1 Teorie chromátování hliníku .....   | 14 |
| 1.2.2 Teorie chromátování zinku .....   | 14 |
| 2. Předúprava povrchu .....   | 16 |
| 2.1 Odmaštění kovů .....  | 16 |
| 2.1.1 Kontrola jakosti při operacích čištění kovů .....                                   | 22 |
| 2.1.2 Kontrola povrchu a lázní při odmašťování.....                                       | 23 |
| 2.2 Moření .....  | 23 |
| 3. Technologie nanesení konverzního povlaku chromátu a její vliv na jeho<br>kvalitu ..... | 25 |
| 3.1. Hlavní kritéria hodnocení konverzního povlaku .....                                  | 25 |
| 3.2 Jakost konverzního povlaku z hlediska protikoroze ochrany.....                        | 25 |
| 3.3 Všeobecné zásady přípravy kvalitního konverzního povlaku .....                        | 25 |
| 3.4 Vliv přípravy povrchu na jakost konverzního povlaku .....                             | 26 |
| 3.5 Vliv složení lázně a pracovních podmínek na jakost .....                              |    |
| konverzního povlaku .....   | 27 |
| 4. Stávající technologický postup využívaný ve firmě Honeywell.....                       |    |

|  |    |
|--|----|
| a jeho nedostatky .....  | 29 |
| 4.1. Technologický postup.....   | 29 |
| 4.2. Nedostatky a závady vznikající při použití stávajícího .....            |    |
| technologického postupu.....   | 29 |
| 5. Návrh nové technologie pro vylučování konverzního povlaku (chromátu)..... |    |
| v podmínkách firmy Honeywell.....  | 30 |
| 5.1. Návrh nové technologické linky.....                                     | 30 |
| 5.2. Návrh nového technologického postupu.....                               | 30 |
| Experimentální část  |    |
| 6. Charakteristika a příprava vzorků.....                                    | 33 |
| 6.1. Specifikace a stávající technologické parametry přípravy vzorků.....    | 33 |
| 6.2. Metodika a návrh zkoušek.....   | 36 |
| 7. Dokumentace a vyhodnocení stanovené metodiky a zkoušek.....               | 39 |
| 7.1.Experimentální návrhy technologického postupu chromátování.....          | 39 |
| 7.2 Makroskopická prezentace výsledků korozních zkoušek vzorků .....         |    |
| číslo 01 – 07.....   | 42 |
| 7.3.Dokumentace metalografických šetření – mikroskopická .....               | 50 |
| 7.4.Prezentace výsledků rastrovací elektronové mikroskopie .....             |    |
| (REM) a EDS výsledky.....  | 60 |
| 8. Zhodnocení a závěr.....   | 75 |
| 9. Použitá literatura.....   | 76 |



# Úvod

Podíváme li se na stručnou historii podniku, pro který řeším tuto problematiku konverzních povlaků, zjistíme, že Honeywell Aerospace Olomouc, s. r. o. datuje počátek svého vzniku do roku 2000, kdy se jako Mora Aerospace, a. s., oddělil provozem letecké výroby od mateřské společnosti Mora Moravia, a.s. zabývající se výrobou sporáků a jiných topných komponent.

Prvopočátky speciální letecké výroby se datují již do roku 1951, kdy byla zahájena výroba žárových a plechových částí proudových leteckých motorů, a to formou kooperace pro finálního výrobce - firmu Motorlet Praha. Toto rozhodnutí padlo proto, že v naší firmě Honeywell byly dlouholeté zkušenosti s lisováním plechu a jeho zpracováním vůbec.

V 50. letech se v naší firmě vyráběly díly pro proudový motor M 05, později pak M 05 FA pro stíhací letouny MIG 15 a MIG 17, motor M 0 pro bombardovací letouny IL 28, od roku 1961 dále M 701 – první proudový motor československé konstrukce pro školní a cvičné letouny Aero L 29 „Delfín“, dvouproudový AI 25 W (rok 1967) pro Aero L 39 „Albatros“, turbovrtulový motor M-601 pro malé dopravní letouny Let L 410 (rok 1971), turbospouštěč Saphir pro cvičné letouny Aero L 39 „Albatros“ a následně v 80. letech technologicky velmi vyspělé motory M-602 a DV-2.

V roce 1991 divize letecké výroby navázala spolupráci s americkou firmou Garret Aerospace (následně Allied Signal, dnešní Honeywell), vyrábějící letecké motory. Bylo nutno splnit velice přísná kritéria obvyklá v USA, především přizpůsobit organizaci práce požadavkům vyplývajícím z příručky kvality, odpovídající světovým leteckým předpisům.

K 1. lednu 2000 došlo k osamostatnění Letecké divize a byla vytvořena samostatná akciová společnost Mora Aerospace. V roce 2002 vzniklo oddělení Generální opravy, které provádí generální opravy komponentů leteckých motorů.

Od 5. 2. 2002 je majitelem společnosti Mora Aerospace jedna z předních celosvětových společností firma Honeywell.

Mora Aerospace, a. s. se stala součástí její divize Engines Systems & Services. Společnost Honeywell, a. s. je nadnárodní společnost se sídlem v USA s ročním obratem okolo 27 miliard USD, svým zákazníkům nabízí širokou škálu služeb v oblastech, jako

jsou letecká technika a služby, technologie řízení pro domov, budovy a průmysl, automobilový průmysl, výroba elektrické energie, speciální výrobky chemické, skleněná vlákna, výroba plastů.

Honeywell má jednu z vedoucích pozic ve vývoji speciálního softwaru. Na celém světě zaměstnává přibližně kolem 120 000 lidí v 95 zemích. Akcie této společnosti se obchodují na newyorské burze, stejně jako v Londýně, Chicagu či pacifických trzích. Jsou to jedny ze třiceti akcií, podle kterých je sestavován Dow Jonesův průmyslový index.

V současné době vyrábí naše firma Honeywell Aerospace Olomouc, s. r. o. plechové a žárové díly leteckých turbínových motorů (pláště spalovacích komor, plamence, deswirly, difusory, výstupní roury a trysky, tepelné štíty a další). Největšími tuzemskými zákazníky Honeywell Aerospace Olomouc, s. r. o. jsou Walter Praha, Aero Vodochody, Truma a PBS Velká Bíteš.

Naše firma dodává díly pro většinu motorů a energetických jednotek, tak je možno setkat se s těmito komponenty ve většině Boeingů a Airbusů, obchodních letadel typu Dassault Falcon, Cessna Station Learjet, v mnoha helikoptérách a dalších letadlech.

V minulém roce se naší firmě podařilo získat certifikát k výrobě našich dílců pro čínský trh, což obnáší řadu dalších specifik, která jsme splnili a otevřeli si tak novou cestu.

V současné době ekonomické krize probíhá převod výroby z Phoenixu k nám, do Mariánského Údolí. Je to záležitost velmi náročná jak pro zaměstnance, tak pro vedení firmy, a to jak z hlediska organizačního, tak i technického. Tento převod klade vysoké nároky na práci pod tlakem a ne vždy jsou zajištěny protistranou ideální podmínky ke všem činnostem námi prováděným. Je to proces zdlouhavý, ale pevně věřím, že firma i její zaměstnanci se s problémy vyrovnají.

Cílem mé bakalářské práce je:

- návrh nového technologického postupu pro způsob nanášení konverzních povlaků na hliníku a jeho slitinách,
- stanovení sledu jednotlivých technologických operací,
- určení optimálních technologických veličin,
- návrh nové technologické linky.



# 1 Konverzní povlaky

Účelem většiny povrchových úprav kovů je zlepšení vlastností povrchu – nejčastěji zvýšení jejich odolnosti proti korozi nebo příznivé ovlivnění některých mechanických vlastností. Častým úkolem je také zlepšení vzhledu barvou, hladkostí, leskem apod. Kromě těchto finálních úprav existuje řada operací, které mají povrch připravit pro konečnou úpravu.

Mezi takové technologie patří z velké části svojí povahou tzv. „konverzní“ povlaky. Konverzní povlak vzniká reakcí kovového povrchu s prostředím, ve kterém se kov během úpravy nachází. Upravovaný kov se tedy účastní chemických reakcí, jejichž výsledkem je vytvoření povlaku na jeho povrchu. Z toho vyplývá i složení příslušného konverzního povlaku.

Konverzní povlaky mají i další výhody, jako je jejich vysoká přilnavost k povrchu základního kovu a nerozpustnost ve vodě i jiných rozpouštědlech. Organické nátěry, které se nanášejí na konverzní povlaky, se na nich výborně zakotvují. Stane-li se, že během používání součásti dojde k poškrábání nebo k jinému mechanickému poškození ochranného povlakového systému, potom se velmi dobře uplatní vlastnosti konverzní mezivrstvy, která brání dalšímu postupu koroze a podrezivění organického povlaku.

V současné době se eventuální opravy povrchu dílců řeší metodou touch up - což je vlastně nanášení štětcem na poškozená místa jednotlivých dílců. Tato metoda je využívána pouze u určité skupiny dílců, a to na oddělení Generálních oprav, kde je požadavek zákazníka na nutnost tohoto procesu.

V časově krátkém horizontu se zde plánuje, v rámci rozšíření výroby z USA, provádění této metody na větším počtu tvarově náročnějších dílců. K provádění tohoto procesu pro zahraniční partnery je pro naši firmu nutné získání certifikátu k této činnosti.

## 1.1. Přehled konverzních povlaků a jejich vlastností

Konverzní povlaky se liší chemickým složením a vlastnostmi podle upravovaného kovu, lázní, ze kterých vznikají, i podle pracovních podmínek při jejich úpravě. Můžeme je rozdělit do těchto skupin:

- a) povlaky fosfátové (zejména na železe, zinku, kadmiu, hliníku),
- b) povlaky chromátové (na zinku, hliníku, kadmiu, hořčíku),
- c) povlaky eloxové (na hliníku a jeho slitinách),
- d) povlaky böhmitové (na hliníku a jeho slitinách),
- e) povlaky oxalátové (na železe a nerezové oceli),
- f) povlaky pasivní (na železe, mědi, mosazi),
- g) povlaky barevné (na oceli, mědi, mosazi).

**ad a) Fosfátové povlaky:** jsou složeny z nerozpustných fosforečnanů železa, zinku, manganu a vápníku a to podle druhu upravovaného kovu a použité fosfatizační lázně. Pro zjednodušení se fosfátové povlaky v praxi označují jako železnaté, zinečnaté, manganaté a zinečnato-vápenaté. S výjimkou železnatých fosfátů je složení reálných fosfátových vrstev téměř vždy směsné a zahrnuje minimálně 2-3 druhy kovových iontů, které jsou zastoupeny v různém poměru.

**ad b) Chromátové povlaky:** tento typ povlaků obsahuje jako základní složku hydroxidy příslušného upravovaného kovu a hydroxidu chromitého. Obsahují v menším množství i další složky, např. chromové ionty. Jak již vyplývá z jejich chemického složení, mají chromátové povlaky amorfní gelovitý charakter. Pro svůj obsah chromových iontů jsou poměrně dosti korozně odolné. Zbarvení chromátových povlaků závisí na druhu upravovaného kovu, použité lázni a pracovních podmínkách. Bývá od zcela bezbarvých, slabě namodralých nebo nažloutlých, zelenožlutých až přes červenohnědé, hnědé, olivově zelené, popřípadě až černé. Některé chromátové povlaky je možno odbarvit ve zvláštní

lázni a pak zbarvit podle přání v lázni organického barviva podobného typu, jako se užívá na barvení eloxovaného hliníku. Chromátuje se hlavně zinek, hliník, kadmium a hořčík a jejich slitiny.

**ad c) Eloxové povlaky:** při vytváření tohoto typu povlaků je třeba umístit hliník nebo jeho slitinu ve vhodné lázni a zapojit jej jako anodu. Povlak se tedy vytváří současným účinkem proudu. Povlak tvoří převážně oxid hlinitý a proces se nazývá eloxování nebo anodická oxidace. Eloxované povlaky vynikají vysokou korozní odolností, značnou tvrdostí a ošetruvzdorností. Jsou velmi dobrými elektrickými izolátory. Bezbarvé povlaky, které se získají např. eloxováním v kyselině sírové, je možné vybarvovat v lázních se speciálními barvivy na eloxovaný hliník.

**ad d) Böhmitové povlaky:** vznikají oxidačním působením vroucí destilované nebo demineralizované vody, popřípadě nasycené vodní páry na hliník. Povlak tvoří hydratovaný oxid hlinitý neboli böhmit. Vzniklé povlaky mají tloušťku max. 1,5  $\mu\text{m}$ .

**ad e) Oxalátové povlaky:** vznikají buď na obyčejné, nebo na nerezové oceli v lázních, které obsahují jako hlavní složky kyselinu šťavelovou a kyselý fosforečnan manganatý nebo železnatý. Tyto povlaky se velmi dobře osvědčily jako mazací mezivrstva při tváření materiálu, např. při tažení bezešvých nerezových trubek, kde se docílí podstatně větší redukce materiálu a vícenásobných tahů bez nutnosti mezižhání.

**ad f) Pasivní povlaky:** jsou povlaky velmi tenké, přibližně do 1  $\mu\text{m}$ ., snižují aktivitu povrchu kovu a tím zabraňují korozi. Pasivní povlaky jsou nejčastěji oxidy kovů.

**ad g) Barevné povlaky:** Do skupiny barevných povlaků patří takové konverzní povlaky, které mají zvláštní barevné odstíny, takže jsou vhodné k úpravě vzhledu povrchu. Složení těchto povlaků závisí na upravovaném kovu, na složení použité lázně i na pracovních podmínkách. Z použitých procesů sem patří zejména černění oceli, černění mědi a mosazi, patinování mědi, černění zinku a hliníku.

## 1.2 Chromátování hliníku a zinku

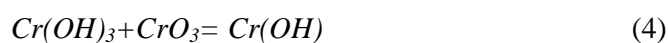
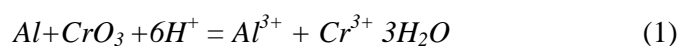
Z výše uvedených konverzních povlaků je pro naši výrobu zejména důležitá technologie chromátování AL+Zn.



Chromátování kovů je známé poměrně dlouho. U nás se rozšířilo zejména po druhé světové válce. V současné době je chromátování poměrně jednoduchý a rychlý proces. Chromátuje se nejčastěji hliník, zinek, kadmium a hořčík. Chromátové povlaky se využívají jako krátkodobá protikorozi ochrana, jako mezivrstva pod nátěry i pro dekorační účely [5].

### 1.2.1. Teorie chromátování – hliníku

Při chromátování se vytváří povlak, který obsahuje hydroxid upravovaného kovu a hydroxid chromitý. Způsob vzniku povlaku lze na příkladu kyselého chromátování hliníku vysvětlit touto sestavou rovnic [1]:



Hliník nejprve reaguje s oxidem chromovým, přičemž vznikají hlinité a chromité ionty. Ty pak přecházejí na nerozpustné hydroxidy. Kromě toho hydroxid chromitý dává s oxidem chromitým zásaditý chroman chromitý, který se také částečně zabudovává do povlaku. Všechny reakce probíhají v nejtěsnější blízkosti kovového povrchu a jejich konečným výsledkem je chromitový povlak. [1]

### 1.2.2 Teorie chromátování – zinku

Chromátování zinku se podobá chromátování hliníku. Často se chromátují galvanické zinkové povlaky, aby se zlepšil jejich vzhled a aby se zvýšila jejich korozní odolnost. Žárové zinkové povlaky se chromátují hlavně pro vytvoření chromátové

mezivrstvy pod nátěry. Typ chromátovací lázně se volí podle požadavku na chromátový povlak.

Podle zbarvení a tloušťky je možno chromátové povlaky rozdělit do těchto skupin:

- lesklé nebo namodralé – tloušťka pod  $0,1\ \mu\text{m}$ ,
- žluté nebo duhově zbarvené –  $0,2 - 2\ \mu\text{m}$ ,
- olivově zelené nebo khaki –  $1-5\ \mu\text{m}$ ,
- černé –  $0,1 - 1\ \mu\text{m}$ .

## 2 Předúprava povrchu

Předúpravě povrchu je tedy nutno věnovat patřičnou pozornost. Musíme si být vědomi toho, že povrch dílu je před povrchovou úpravou vždy více či méně znečištěn.

**Nečistoty bývají z hlediska původu dvojího druhu:**

- **cizorodé nečistoty** ulpívají na povrchu většinou pouze fyzikálními silami (adheze, adsorbce) a dostaly se na povrch z vnějšku buď úmyslně, zbytky leštících nebo brusných past) nebo neúmyslně, jako náhodné znečištění při dopravě nebo při skladování (nejčastěji různé mastné látky, t.j. oleje, tuky, vazelíny, ale také prach, zbytky abraziv z brusných prostředků, kovový ohrus, zbytky značení apod.),
- **nečistoty vzniklé přeměnou kovu** – jeho koroze. Jsou to nejčastěji kovové oxidy, ale také různé soli, jako uhličitany, chloridy, sírany, siřníky, obecně tedy produkty reakce kovu s prostředím. Pro tento druh nečistot je charakteristické to, že jsou s povrchem kovu vázány poměrně silnými vazbami. Mluvíme proto o chemických nečistotách. Z hlediska podmínek vzniku těchto nečistot obvykle rozlišujeme produkty atmosférické koroze za normální nebo mírně zvýšené teploty, vznikající za spoluúčasti vzdušné vlhkosti (rez) a produkty koroze za vysoké teploty (okuje) [3].

Těmito dvěma hlavními druhy nečistot odpovídají dva hlavní druhy technologických operací používaných k jejich odstraňování. Nečistoty první skupiny odstraňujeme odmašťováním, nečistoty druhé skupiny mořením.

### 2.1 Odmašťování kovů

Odmašťováním rozumíme především odstraňování nečistot mastného, hydrofobního charakteru z povrchu. Takovými nečistotami jsou různé tuky, oleje, vazelíny

a vosky. Jejich společnou vlastností je nerozpustnost ve vodě, ale také dobrá rozpustnost vně organických rozpouštědlech. Za přítomnosti vhodných látek – emulgátorů je možné je odstranit z povrchu vodnými roztoky ve formě emulze. Těmto vlastnostem odpovídají dva hlavní způsoby odmašťování:

- a) odmašťování rozpouštědly (trichloretylen, perchloretylen),
- b) odmašťování vodnými roztoky (alkony, pragoldy).

#### **ad a) Odmašťování rozpouštědly**

Z provozního hlediska je důležité rozdělení těchto látek na **rozpouštědla hořlavá a nehořlavá**. Požadavky bezpečnosti práce vedou k přednostnímu používání nehořlavých rozpouštědel.

#### **Způsoby použití:**

Nejjednodušší aplikací rozpouštědel je ruční odmašťování. Používají se při něm hořlavá i nehořlavá rozpouštědla. Čištěné předměty se potírají hadry, štětcem apod. Zařízení pro čištění musí obsahovat prvky pro zachycování okapávajících rozpouštědel a zachycování jejich výparů.

Strojní způsoby odmašťování se používají dnes již výhradně pro nehořlavá rozpouštědla. Používá se při tom odmašťování ponorem, postřikem nebo v parách rozpouštědla. První dva způsoby se aplikují buď za studena, nebo za zvýšené teploty. Dílce přitom prochází obvykle více nádržemi, nebo postřikovými zónami, kde se postupně setkává vždy s čistším rozpouštědlem. Součástí zařízení bývá destilační zařízení, z něhož se regenerované rozpouštědlo přivádí zpět do posledního stupně čištění. Nejefektivnější použití rozpouštědel je parní odmašťování. Principem tohoto způsobu čištění je kondenzace par rozpouštědla na chladném povrchu dílce, zavěšeného do prostoru nad vroucím rozpouštědlem. Zkondenzované páry rozpouštějí mastné nečistoty a stékají zpět. Povrch dílce je tak stále ve styku s čerstvým rozpouštědlem. Nevýhodou tohoto způsobu je to, že se nehodí pro čištění slabostěnných předmětů. Proces se totiž zastaví v okamžiku, kdy se odmašťované předměty ohřejí na teplotu par rozpouštědla, které pak přestává kondenzovat na jeho povrchu.

Odmašťování hořlavými roztoky: odmašťování hořlavými rozpouštědly se dříve používalo podstatně více než dnes. Požární riziko omezilo použití benzínu, petroleje a nafty spolu s dalšími hořlavými látkami pro speciální případy. V poslední době se opět tento způsob poněkud rozšiřuje v podobě tzv. „studených“ odmašťovačů. Jde o úzkou destilační benzínovou frakci, doplněnou látkami zlepšujícími odmašťovací účinek. Úzké destilační rozmezí použité suroviny zaručuje snížení hořlavosti při zachování dobré odpařivosti přípravku - Perchlorethylen, Benzin, Trichlor, Brulin, Formula 815GD, Isopropylalkohol, MEK (Methylethylketanol) – viz bezpečnostní listy - příloha č. 2 - 9 této bakalářské práce.

**ad b) Odmašťování vodnými roztoky:** Pro tento způsob odmašťování je charakteristické použití různých alkalicky reagujících roztoků takových látek, jako je hydroxid sodný, soda, fosforečnany a polyfosforčnany, alkalické křemičitany, doplněných obvykle o povrchově aktivní látky (tenzidy). Na rozdíl od organických rozpouštědel tyto roztoky (Alkon, Pragolod, Simplegreen, Pragokor - viz bezpečnostní listy - příloha č. 2 - 9 této bakalářské práce) nerozpouštějí mastné nečistoty, ale odstraňují je z povrchu řadou složitých fyzikálních a fyzikálně chemických pochodů. Jde zhruba o tyto pochody:

- a) vytěsnění mastných nečistot z povrchu vodným roztokem (smáčení povrchu),
- b) rozptýlení nečistot roztoku,
- c) zabránění zpětnému usazování nečistot na povrchu.

Odmašťovací lázně tohoto typu se používají za vyšších teplot (do 80 °C), zřídka vyšších. Rozvoj tenzidové chemie umožňuje postupné snižování teplot.

#### Složky vodných odmašťovacích lázní:

Nejstarší odmašťovací prostředky byly založeny na silně alkalicky reagujících roztocích louhu, popřípadě sody. Tyto prostředky účinkovaly z části zlepšením smáčivosti, hlavně však zmýdlením tehdy převážně používaných rostlinných a živočišných tuků a olejů.



Zmýdlením se jednak tyto mazací prostředky převedly na rozkladné produkty(alkalické soli mastných kyselin a glycerin) rozpustné v alkalickém roztoku, což jsou vlastně složky mýdla, které napomáhají dalšímu čištění .

S postupným zaváděním minerálních olejů se nevystačilo s tímto mechanismem čištění a bylo nutno hledat látky, které by měly větší emulgační a dispergační účinek než louh a soda. Také byly zavedeny alkalické fosforečnany a různé křemičitany. Takové roztoky při dostatečně vysoké teplotě lázně, při níž již většina nečistot ztekutí, se staly základem moderních odmašťovacích lázní a dodnes tvoří kostru průmyslových přípravků.[2]

#### Přídavné složky alkalických odmašťovačů:

Podstatnou inovaci ve vývoji odmašťovacích prostředků přineslo zavedení povrchově aktivních látek (tenzidů). Tyto látky zlepšují účinnost lázní velmi podstatně a umožňují radikálně snižovat koncentraci lázně, nebo její teplotu při zachování potřebné doby odmaštění, nebo naopak silně zkrátit dobu odmašťování při dodržení ostatních podmínek.

Tenzidy jsou chemické sloučeniny charakterizované tím, že jejich molekula obsahuje jednu skupinu (např.  $\text{--COO}^-$  nebo  $\text{--SO}_3^-$ ) mající velkou afinitu k vodě (hydrofilní skupin) a druhou skupinu (obvykle uhlovodíková radikál-R) – hydrofobní. Na fázovém rozhraní mezi olejem a vodou se molekuly tenzidu seřadí jako kartáčky, zasahující hydrofilní skupinou do vody a hydrofobní do oleje. Tím vznikne nové fázové rozhraní odlišných vlastností od původního. Povrch oleje se stane pro odmašťovací lázeň smáčivý a lázeň může působit. Některé z tenzidů mají spíše vlastnosti smáčidel než vlastnosti emulgátorů či dispergátorů nečistot. Proto se při formulaci odmašťovacích přípravků nevystačí obvykle s jedním, ale kombinuje se několik látek pro dosažení optimálního výsledku. Směsi tenzidů mohou dosáhnout tzv. „synergického“ účinku, což znamená, že účinnost směsi dosahuje vyšších hodnot než je prostý součet účinností jednotlivých složek.

Často se přidávají do odmašťovacích přípravků ještě látky změkčující vodu. Příliš tvrdá voda je totiž pro odmašťování nevhodná. Jako změkčovadla se používají kondenzované fosfáty nebo biologicky odbouratelné, organické chelátotvorné látky.

Problémy může přinášet odmašťování neželezných kovů, které mohou v silně alkalických odmašťovacích lázních být korozně napadány. V takových případech se do lázní přidávají ještě *vhodné inhibitory koroze*. Pro odmašťování hliníku a jeho slitin, ale také mědi a mosazi postačí, aby lázeň obsahovala dostatečné množství křemičitanů, které fungují v alkalickém prostředí lázně jako spolehlivé inhibitory koroze [2].

Rozhodující pro volbu složek ve směsi jsou zejména:

**a) způsob aplikace (ponor, postřík)** - Základní způsoby provozní aplikace alkalických odmašťovacích roztoků jsou tři.

Dva z nich – ponorový a postříkový - jsou založeny na čistě fyzikálně-chemických účincích odmašťovacího roztoku, které jsou však v druhém případě zesíleny mechanickým účinkem proudu dopadajících kapiček. V linkách pro povrchové úpravy se někdy oba způsoby kombinují, nebo se účinnost ponorového způsobu odmašťování zvyšuje nuceným prouděním nebo vířením lázně.

Elektrolytický způsob odmašťování využívá k zesílení účinnosti odmašťování mechanických účinků plynů (kyslík, vodík), vznikajících při průchodu proudu odmašťovacím roztokem (elektrolytem), ve kterém je odmašťovaný předmět zapojen do elektrického okruhu jako katoda nebo anoda. Tento způsob odmašťování se používá téměř výhradně jako finální operace před galvanickým pokovením.

Volba odmašťovacího prostředku pro jednotlivé uvedené způsoby použití se může podstatně lišit. Ponorové odmašťování vyžaduje obvykle koncentrovanější roztoky, přičemž není kladen takový důraz na nepěnovost přípravků. Pro postříkové, ale i pro elektrolytické odmašťování je dostatečně nízká pěnovost podstatnou vlastností. Proces odmašťování je možno urychlit a zkvalitnit pomocí ultrazvuku. Způsob je použitelný jak při odmašťování vodnými roztoky, tak při použití rozpouštědel. Je možné ho použít pro všechny vyráběné přípravky, někdy se však formulují odmašťovače pro tento případ zvláště určené.

Emulzní čištění je vhodné hlavně pro odstraňování silných vrstev olejů a mechanických nečistot. Přípravky tohoto typu obsahují vedle dalších složek hlavně organické rozpouštědlo (petrolej, naftu, v minulosti i trichloretylen) a poměrně značné množství vhodného emulgátoru. Příkladem je známá arva nebo jiné přípravky určené

hlavně na čištění motorů. Prostředek se nanese na povrch ponorem nebo nátěrem a po potřebné době působení se spláchne silným proudem vody. Na podobném principu pracují i dekarbony, určené k odstranění spálených a zuhelnatělých zbytků mastných látek.

Při čištění rozměrných předmětů, které není možno odmastit ponorem nebo postřikem v běžných zařízeních, vyhovuje čištění pomocí vysokotlakých zařízení, někdy také nazývané tlakové mytí. Zařízení tohoto typu je dnes na trhu celá řada. Většinou jsou to mobilní zařízení s naftovým nebo elektrickým vyhříváním, která mohou pod vysokým tlakem stříkat horkou vodu, nebo tryskat mokrou páru, do níž se automaticky dávkuje vhodný přípravek, [2]

**b) teplota použité lázně** - se většinou řídí údaji výrobců. Obecně platí, že vyšší teplota je vždy z hlediska procesu výhodná. Ocel je možné odmašťovat až při teplotě blízké bodu varu, pro neželezné kovy se obvykle volí teplota nižší ~ 60 – 80 °C. Důvodem je vyšší nebezpečí korozního napadení povrchu při vyšších teplotách. Platí zejména pro slitiny hliníku a mědi,

**c) koncentrace použité lázně** - nejčastější koncentrace přípravků pro ponor jsou 2 - 8 %, pro postřik 0,5 – 3 %. Potřebná doba pro odmaštění závisí na stupni znečištění a obvykle se pohybuje u ponorového způsobu odmašťování v rozmezí 5 - 15 minut, u postřikového a elektrolytického 1-5 min. [2]

### 2.1.1 Kontrola jakosti při operacích čištění kovů

Problematické čištění kovů se v provozech nepřikládá zdaleka taková pozornost z hlediska kontroly jakosti, jaké by byla potřeba. Kromě celkového opomíjení významu povrchových úprav všeobecně a čisticích operací zvlášť je tu důvodem i skutečnost, že je poměrně málo jednoduchých a přitom spolehlivých metod zaměřených jak na hodnocení povrchu z hlediska přítomných nečistot, tak i na hodnocení stavu příslušných lázní.

V ideálním případě by měly být v tomto oboru tři stupně kontroly:

- **kontrola vstupního stavu povrchu** - tento článek kontroly se nejčastěji opomíjí. Objektivní metody nejsou prakticky k dispozici. Měla by být provedena alespoň vizuální kontrola, neboť na jejím základě by měl být určen způsob čištění (např.

u mastných nečistot by se mělo rozhodnout, zda stačí jednostupňové čištění, nebo zda má být zařazeno předběžné mytí organickými rozpouštědly před elektrolytickým odmašťováním, popř. by se měla odhadnout potřebná doba odmaštění). Rovněž před mořením lze podle tloušťky nečistot odhadnout doby operace, popř. teplotu lázně. U zaokruženého povrchu lze přesnost této vizuální kontroly zvýšit použitím porovnávacích etalonů. Správnou volbu mořicí lázně a podmínek moření se podstatně sníží riziko přemoření a s tím spojené nebezpečí difuze vodíku do materiálu, sníží se i ztráty na mořeném materiálu a na kyselině. Podobnou pozornost vyžaduje i stanovení podmínek při odmašťování takových materiálů, které by mohly být napadány odmašťovací lázní (lehké i barevné kovy),

- **kontrola lázní je důležitá pro udržení správného chodu operace.** Zejména v hromadné výrobě se důslednost kontrolou a údržbou lázní zaručí stejnoměrnost procesu. Tento požadavek je zvláště naléhavý u velkých, hlavně hutních provozů, kde se začíná projevovat snaha o automatizaci. Obecně lze říci, že snáze se provádí kontrola mořicích lázní než lázní odmašťovacích, v nichž se změny dané vyčerpáním lázně projevují podstatně méně na chemickém složení roztoku,
- **kontrola výstupního stavu povrchu** je nejdůležitější složkou kontroly čisticích operací z hlediska výsledné kvality. Oproti kontrole lázní je zde naopak větší výběr metod u odmašťování než u moření, kde jsme opět odkázáni na vizuální kontrolu. Po oplachu musí být na dílcích nakloněných pod úhlem  $45^\circ$  minimálně na dobu 30 s vytvořena souvislá vrstva vodního filmu vody. Konverzní povlak musí být souvislý, bez neošetřených míst, bez oblastí s práškovitým nebo odlupujícím se povlakem, bez trhlin, škrábanců a jiných vad nebo poškození, které by mohly ovlivnit použitelnost dílce nebo funkční vlastnosti povlaku. Barva by měla být v rozmezí od duhově zlaté přes olivově zelenou až do světle hnědé, v závislosti na obsahu slitiny dílce. Temné, tmavě hnědé povlaky nebo práškovité povlaky, které při otírání zanechávají skvrny na utěrce Sontara, jsou nevyhovující. Nejednotnost zabarvení anebo různé barevné odstíny u stejného dílce neznamenal nevyhovující konverzní povlak a nesmí být příčinou zamítnut dílce. V případě, že dílce nesplňují tento požadavek, musí se znova provést operace odmaštění a oplach [6]. Vizuální kontrola je popsána v normě DTL-5541 a v předpise CHP-10 viz příloha č.11 této BP.[6]

### **2.1.2 Kontrola povrchu a lázní při odmašťování**

Kontrola při této operaci je mimořádně ztížená tím, že sortiment látek, přicházejících v úvahu jako nečistoty, je mimořádně široký. Pro praktické účely kontroly omezujeme možné nečistoty na dva druhy látek:

- látky mastné povahy, nejčastěji oleje, vazelíny a tuky. Přítomnost těchto nečistot nejčastěji zjišťujeme snížením smáčivosti povrchu,
- tuhé prachové nečistoty, jejichž přítomnost zjišťujeme zkouškou otěrem (ztmavnutí zkušebního tampónu).

## **2.2 Moření**

Mořením kovů rozumíme odstraňování korozních zplodin z povrchu chemickým způsobem. Nejčastěji používaným prostředkem jsou přitom roztoky různých kyselin, které odstraňují korozní zplodiny rozpouštěním, tj. převedením na sůl rozpustnou v mořicí lázni.

**Korozní produkty, které mořením odstraňujeme, jsou dvojího druhu:**

- vrstvy vzniklé atmosferickou korozí, tedy působením vzduchu a vzdušné vlhkosti na povrch (rez, patina),
- vrstvy vzniklé za vysokých teplot při žíhání nebo válcování a tažením za tepla (okuje).

Volba mořicí lázně závisí na druhu mořeného materiálu a na různých technologických a ekonomických zřetelích.

### Nejčastěji používané kyseliny pro moření

| Dodávaná       |                               |                |                     |
|----------------|-------------------------------|----------------|---------------------|
| Kyselina       | Hustota (g/cm <sup>-3</sup> ) | Koncentrace(%) | Použití             |
| Sírová         | 1,82 - 1,84                   | 92 - 98        | ocel a barevné kovy |
| Chlorovodíková | 1,15                          | 31             | ocel a hliník       |



### **3 Technologie nanesení konverzního povlaku chromátu a její vliv na jeho jakost a kvalitu**

#### **3.1 Hlavní kritéria hodnocení konverzních povlaků**

Tak jako u jiných povrchových úprav i zde lze k hodnocení konverzních povlaků přistupovat z různých hledisek podle účelu, jemuž mají sloužit. Při požadavku na vysokou mechanickou pevnost bude u povlaku důležitá jeho odolnost proti otěru. Zajímají nás i důležité vlastnosti, jako jsou souvislost, rovnoměrnost, pórovitost, struktura, přilnavost, tloušťka povlaku, odolnost proti ztrátě přilnavosti nátěru a jeho podrezivění.[1]

#### **3.2 Jakost konverzních povlaků z hlediska protikorozní ochrany**

Snahou technologa v povrchových úpravách musí být docílení co nejvyšší jakosti konverzního povlaku daného typu. To vyžaduje zejména svědomité dodržení technologického postupu včetně operací před vlastním vytvářením konverzního povlaku, tj. především odmašťování a moření a dostatečné oplachování v předepsaném množství průtoku oplachových vod.

Většina konverzních povlaků slouží jako mezivrstva v ochranných protikorozních povlakových systémech nátěrových hmot. Výhody takového použití konverzních povlaků spočívají v dlouhodobém zvýšení přilnavosti nátěrů a v ochraně proti jejich podrezavění, a to i při místním poškození systému, např. škrábnutí až na základní kov.[1]

#### **3.3 Všeobecné zásady přípravy kvalitních konverzních povlaků**

Nejčastější příčinou nevyhovující jakosti konverzních povlaků je koroze znehodnocený výchozí materiál a součásti, nevhodný materiál, nekvalitní voda pro přípravu lázní a pro oplachy, nedostatečné množství oplachových vod a nedodržování

technologického postupu. Součásti přicházející k povrchové úpravě mohou vykazovat různé znečištění, např. znečištění získané přecházejícím tepelným nebo mechanickým zpracováním, nebo znečištění na funkčním podkladu (konzervační olej, tuky). Mimoto je povrch součástí často poznamenán nevhodným skladováním výchozího materiálu i výrobku. Jde o různý stupeň zarezavění oceli, o bílou rez na zinku, o matné skvrny a o výkvěty na hliníku.

Příprava, kontrola a údržba funkčních lázní je tedy nezbytným předpokladem k dosažení žádoucích výsledků. Jakost používané oplachové vody a její množství je jedním z pilířů úspěchu v povrchových úpravách. Obvykle se požaduje oplachová voda s vlastnostmi pitné vody. Dostatečný oplach mezi jednotlivými operacemi zaručuje, že nedojde k nadměrnému přenosu zbytků lázní a tím k případným poruchám procesu. Dnes se již téměř vždy požaduje, aby konečný oplach byl po posledním oplachu obyčejnou vodou proveden i demineralizovanou vodou.

Škody na zhotovených konverzních povlacích mohou také vznikat před povrchovými úpravami, nebo před expedicí výrobků. Je nutné dbát na včasný odvoz součástí z dílny pro přípravu povrchu, aby se zabránilo zbytečnému koroznímu zatížení vytvořeného konverzního povlaku výpary kyselin, vlhkostí s kapénkami různých lázní.

Dobré odsávání prostoru a další hygienická opatření zlepšují ovzduší v dílně, ale přesto je lépe upravené součásti co nejdříve dopravit k další úpravě, nebo do suchého mezikladu.

K vytvoření kvalitního konverzního povlaku je třeba věnovat pozornost i jeho dalšímu osudu a je třeba o něj pečovat až do vytvoření celého ochranného systému.[1]

### **3.4 Vliv přípravy povrchu na jakost konverzních povlaků**

Příprava povrchu v širším slova smyslu je jeho odmašťování nebo jiné chemické, popř. elektrochemické čištění, moření, dekapování, chemické a elektrochemické leštění a dále i vytváření konverzních povlaků.

Je nesporné, že nutným předpokladem k vytváření konverzního povlaku je kovově čistý a vodou smáčivý povrch upravované součásti. Z toho plyne, že nedokonalé

odmaštění může být už první příčinou závad v technologickém sledu povrchové úpravy. Je tedy nutné součásti vždy dostatečně odmastit, aby mohly být dobře smáčeny dalšími lázněmi a aby mohly probíhat potřebné chemické nebo elektrochemické reakce. Zbytky mastnoty na povrchu vedou k tvorbě nesouvislých, nerovnoměrných a pórovitých konverzních povlaků.

Stejně důležité je i moření nebo dekapování. Nelze je totiž z technologického postupu vypustit nikde tam, kde přicházejí k povrchové úpravě součásti více nebo méně zkorodované, zkorodované, zaokujené apod. Zbytky takových nečistot mohou při nedostatečně provedeném moření způsobit podobné nedostatky jakosti konverzního povlaku jako po špatném odmaštění. Tyto vady konverzního povlaku znamenají značné zhoršení jeho jakosti a často i jeho nepoužitelnost.

Někdy zůstane po odmašťování nebo moření na povrchu součásti povlak mechanických nečistot. Nečistoty se běžným oplachem neodstraní a působí pak na zhoršení jakosti konverzního povlaku, především na zvýšení počtu pórů. Touto nečistotou je např. grafit, ulpívající na povrchu po odmašťování mazadel s obsahem této látky nebo sirníky těžkých kovů. Nežádoucí výskyt těchto nečistot je nutné z povrchu odstranit mechanicky (kartáčováním) nebo odpovídajícím technologickým postupem (např. použití ultrazvuku).[1]

### **3.5 Vliv složení lázně a pracovních podmínek na jakost konverzních povlaků**

Údržba optimálního složení a pracovních podmínek lázní pro přípravu konverzních povlaků má prvořadou důležitost mezi podmínkami, které jsou základem úspěchu. Je třeba znát předepsané rozmezí koncentrací složek lázní i rozmezí pracovních podmínek, při nichž tyto lázně dávají nejlepší výsledky.

Většina lázní pro přípravu konverzních povlaků se dnes převážně při provozním užití nasazuje ze speciálních přípravků, které dodávají chemické závody.

Údržba provozní způsobilosti lázní se značnou měrou podílí na tvorbě požadované jakosti povlaků. Opírá se o pravidelnou a svědomitou kontrolu lázní, o kontrolu kvality vytvářených povlaků, vizuální sledování povrchu součásti na vstupu i na výstupu

z povrchové úpravy, o kontrolu a regulaci pracovních podmínek a o sledování celkové funkce celého zařízení. Složení lázní se během provozu mění v závislosti na velikosti upravované plochy na jednotku objemu lázně. Určitou roli hrají i pracovní podmínky a čas (stárnutí lázní).

Koncentrace složek se mění vlivem probíhajících chemických a elektrochemických reakcí, odpařováním, úletem kapének a vynášením lázní na povrchu upravovaných součástí. Všechny tyto změny složení lázní víceméně ovlivňují konečnou jakost vytvořených konverzních povlaků. Aby byla zachována koncentrace složek lázní v předepsaném rozmezí, doplňuje se odpařená voda a chybějící množství složek zjištěné chemickým rozbořem. Některé látky se samovolně rozkládají, i když nejsou v lázni založeny žádné součásti k povrchové úpravě.

Jak lázně postupně stárnou, stoupá v nich obsah nežádoucích látek tak dlouho, až se jejich funkce nedá zlepšit prostým přidáním doplňovacích přípravků. Lepší možnosti jsou u velkých zařízení, která uskutečňují regeneraci lázní pomocí iontoměníčů a kde lze škodlivé látky oddělit. Ale i tam je někdy nutné starou lázeň vypustit a nahradit ji novou.[5]

Bezpečnostní listy použitých chemikálií a firemní předpisy používané pro výrobu jsou uvedeny pro informaci v přílohách č. 2 - 9 této bakalářské práce.

## **4 Stávající technologický postup CHP–10 využívaný ve firmě Honeywell a jeho nedostatky**

### **4.1. Technologický postup**

Stávající technologický postup CHP – 10 Anodická oxidace/Konverzní povlaky řeší mimo jiné i chromátový konverzní povlak - nanášení konverzního povlaku štětcem/oprava (touch up) na mechanicky poškozené plochy bez poškození dílce. [7]

Nevýhodou této metody je malé procento použití – pouze na mechanicky poškozených dílcích. Tento postup je uveden v příloze č.11 této BP.

### **4.2. Nedostatky a závady vznikající při použití stávajícího technologického postupu**

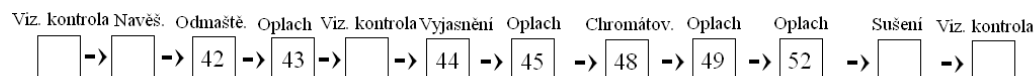
Štětcem nebo tamponem nelze dobře nanášet na ošetřené oblasti rovnoměrné vrstvy přípravku Alodine 1200.

Je nutné ho nanášet průběžně podle potřeby tak, aby byla očištěná oblast po celou dobu rovnoměrně zvlhčená. Jestliže roztok dobře nesmáčí povrch dílce, je třeba ukončit aplikaci konverzního povlaku a opakovat očištění, oplach a vizuální kontrolu. Poté se nechá Alodine 1200 reagovat s povrchem až do dosažení duhově zlatého zbarvení. Doba závisí na aktuální teplotě Alodine 1200 viz příloha č. 2,3 této BP.

Pokud není nasazena vana pro chromátování, musí se použít roztok připravený v chemické laboratoři, před použitím v laboratoři důkladně promíchaný.

## 5 Návrh nové technologie pro vylučování konverzního povlaku v podmínkách firmy Honeywell

### 5.1. Návrh nové technologické linky



### 5.2. Návrh nového technologického postupu

#### Technologický postup – Chromátový konverzní povlak – nanášení ponorem

Chromátový konverzní povlak na hliníku a hliníkových slitinách řad 2000, 6000, 7000 v souladu s předpisem MIL-DTL- 5541 E, Class 1A. [6]

1. Vizuální kontrola – před aplikací konverzního povlaku provést vizuální kontrolu všech dílců na povrchové vady a čistotu. Pokud je dílec mechanicky poškozen, poškrábán atd. zkontaktovat SCA nebo provozního technologa.
2. Navěšení dílců na přípravek – viz.požadavky na navěšení dílců.
3. Odmaštění - vana č. 42 . Parametry: Teplota .....60 - 72 °C  
Čas .....10 - 30 min.
4. Oplach – vana č. 43. Parametry: Teplota .....Okolí  
Čas.....3±1 min.
5. Vizuální kontrola - po oplachu bude na dílcích minimálně na dobu 30 s vytvořena souvislá vrstva vodního filmu vody. V případě, že dílce nesplňují tento požadavek, obsluha musí znovu provést operace 3 a 4.

6. Vyjasnění – vana č. 44. Parametry: Teplota .....Okolí  
Čas.....15±5min.
7. Oplach – vana č. 45. Parametry: Teplota ..... Okolí  
Čas..... ..3±1 min.
8. Chromátování – vana č. 48. Parametry:Teplota ..... 30±10 °C  
Čas.....1-5 min.
9. Oplach – vana č. 49. Parametry:Teplota .....Okolí  
Čas.....3±1 min.
10. Oplach – vana č. 52. Parametry:Teplota ..... 40 ±10 °C  
Čas..... 5±1 min.
11. Sušení – veškerou manipulaci s dílci provádět pouze v čistých textilních rukavicích a s přiměřenou opatrností tak, aby se předešlo poškození konverzního povlaku. Osušit dílce čistým filtrovaným stlačeným vzduchem. Konverzní povlak je náchylný k poškození při manipulaci!
12. Vizuální kontrola – u každého dílce provést vizuální kontrolu dle odst. Kontrola povlaku. Neshodné dílce nebo dávky dílců přepracovávat dle odst. kontrola povlaku. Pokud je požadováno v technologickém postupu zatříť neošetřená kontaktní místa se závěsem, je nutné provést technologický postup metodou touch up (štetcem).
  - Kontrola povlaku – konverzní povlak - vzorky jsou vyžadovány pouze pro periodické zkoušky. Vizuální kontrola kvality vytvořeného konverzního povlaku je vyžadována u všech dílců. Hodnocení provedených kontrol konverzního povlaku na dílcích zapsat do provozního deníku (formulář CHP–10.4). Veškeré zkoušky dílců budou v souladu s tab. NADCAP Chemical processes, která je součástí předpisu CHP-4. Dílce nebo dávky dílců nespňující kritéria přijetí musí být označeny jako neshodné. Vyhovující dílce musí být zabaleny tak, aby bylo zabezpečeno, že

konverzní povlak nebude poškozen při následné manipulaci. Požadované kontroly: kvalita konverzního povlaku. Konverzní povlak musí být souvislý, bez neošetřených míst, bez oblastí s práškovitým nebo odlupujícím se povlakem, bez trhlin, škrábanců a jiných vad nebo poškození, které by mohly ovlivnit použitelnost dílce nebo funkční vlastnosti povlaku. Barva by měla být v rozmezí od duhově zlaté přes olivově zelenou až do světle hnědé, v závislosti na obsahu slitiny dílce. Temné, tmavě hnědé povlaky nebo práškovité povlaky, které při otírání zanechají skvrny na utěrce Sontara jsou nevyhovující. Nejednotnost zabarvení, anebo různé barevné odstíny u stejného dílce neznamenaají nevyhovující konverzní povlak a nesmí být příčinou zamítnutí dílce.

Nakládání s neshodnými dílci: pokud je zjištěna jakákoliv neshoda na dílci, je vždy nutné zkontaktovat SCA nebo technologa chemických procesů. Dílce nebo dávky dílců neodpovídající požadavkům tohoto předpisu musí být přepracovány dle opravného listu vystaveného technologem dílce.

- Periodické zkoušky – veškeré zkoušky vzorků budou v souladu s tabulkou NADCAP Chemical processes, která je součástí předpisu CHP-4. Periodické zkoušky se provádí 1x za měsíc a jsou stanoveny předpisem CHP-4, bod A3 pro anodickou oxidaci a bod A4 pro konverzní povlak, přičemž interval mezi každým měsíčním testem nepřesáhne 35 dní. Jestliže nebude probíhat výroba měsíc a déle, musí být před náběhem výroby provedeny periodické zkoušky.

Selhání periodické zkoušky – jestliže dojde k selhání jakékoliv periodické zkoušky, bude proces zastaven. Všechny dostupné (za dostupné se považují všechny dílce, u kterých je známo jejich aktuální umístění) dílce zpracované v době mezi zpracováním testovacích panelů, u nichž selhala zkouška, musí být zamítnuty až do zastavení výroby. Žádné dílce nesmí být zpracovány do doby, než bude vyhodnocen důvod selhání testů, provedena náprava procesu a nové vzorky budou v souladu s požadavky. Výsledky všech periodických zkoušek budou dokumentovány.



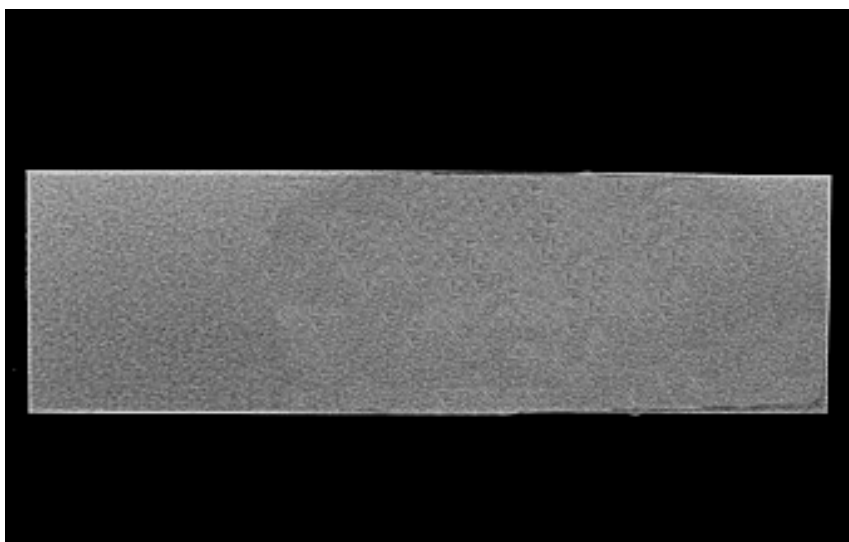
# Experimentální část

## 6 Charakteristika a příprava vzorků a metodika zkoušení

### 6.1. Specifikace a stávající technologické parametry přípravy vzorků

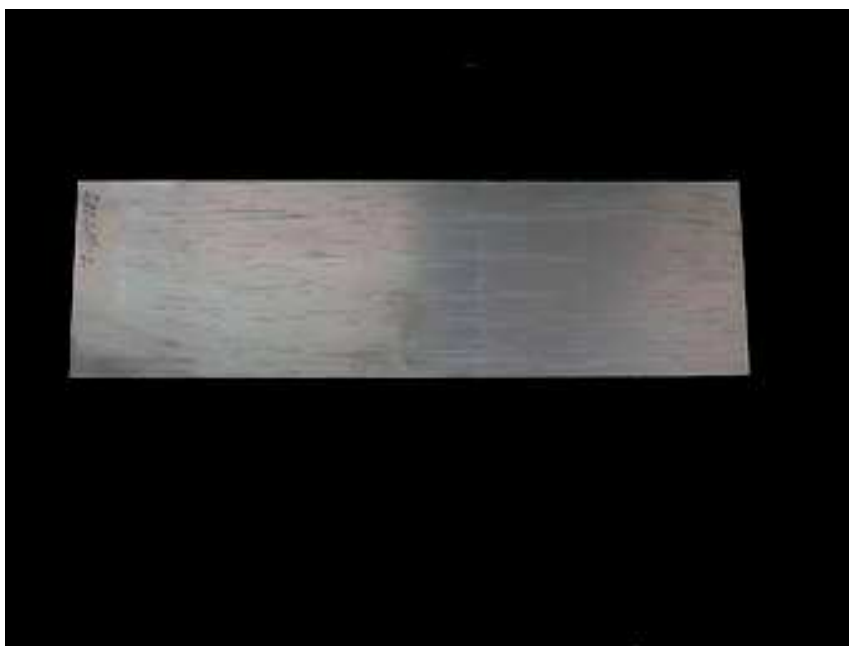
Vzorky pro experimentální činnosti byly připraveny ve formě plochých pásů o rozměrech 255 x 80 x 0,85 mm. Základní materiál vzorků stanovuje norma AMS QQ – A-250/4. Na základě číselného značení materiálu 2024-T3 a chemického složení tohoto materiálu uvedeného v příloze č. 12, lze obecně charakterizovat základní materiál zkušebních vzorků jako Al - slitinu. [7]

Tyto vzorky se do dalšího výrobního procesu, povrchových úprav, zařazují v dodaném stavu viz obr. 6.1.1. Povrchová úprava konverzního povlaku (chromátu s obsahem šestimocného chromu) byla prováděna závěsovou technikou, máččením. Konverzní povlak (chromát) vykazující známky povrchových vad viz obr. 6.1.2. – obr. 6.1.3., po zkoušce korozní odolnosti v solné mlze dle ČSN EN ISO 9227 byl nanášen na vzorcích v režimu stávajícího platného technologického postupu fy Honeywell, který je uveden v tab. 6.1.1.



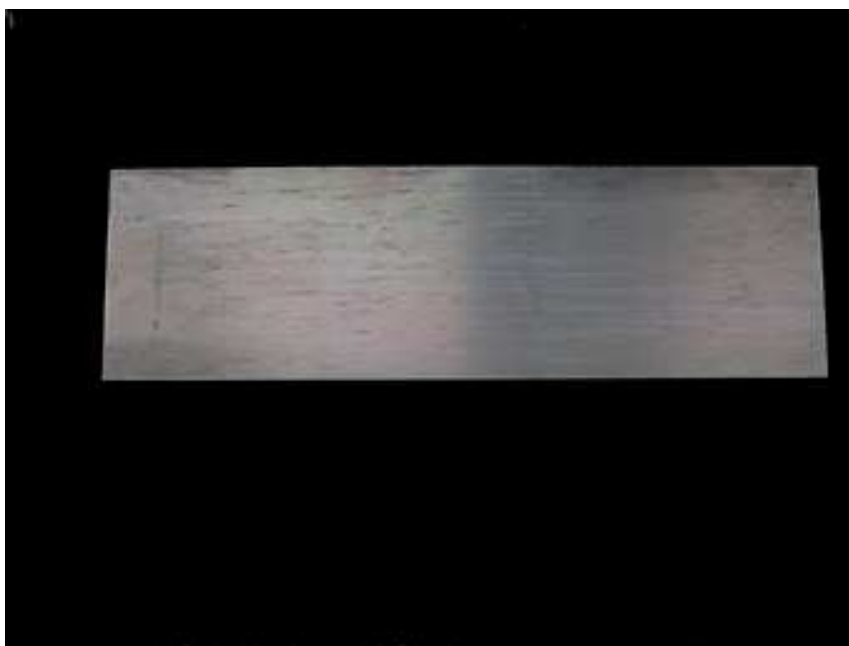
Obr. 6.1.1. Dokumentace základního materiálu – dodaný stav

Vzorek č.00



Obr. 6.1.2. Dokumentace vizuálních vad chromátového povlaku po korozní zkoušce

vzorek č.01



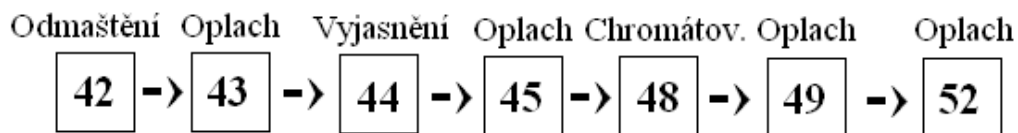
Obr. 6.1.3. Dokumentace vizuálních vad chromátového povlaku po korozní zkoušce

vzorek č.01

| Technologický postup – původní fy Honeywell |              |                     |                        |
|---|--------------|---------------------|------------------------|
| číslo<br>vany                               | operace      | doba operace v min. | teplota lázně ve<br>°C |
| 42  | odmaštění    | 10:02               | 64,5                   |
| 43  | oplach       | 3:01                | okolí                  |
| 44  | vyjasnění    | 15:02               | okolí                  |
| 45  | oplach       | 3:05                | okolí                  |
| 48  | chromátování | 3:31                | 29,2                   |
| 49  | oplach       | 2:05                | okolí                  |
| 52  | horký oplach | 2:05                | 44,8                   |

Tab. 6.1.1. Parametry stávajícího technologického postupu chromátování

I. Sestavné schéma stávající linky:



Výsledky a technologické časy nanášení povlaku jsou rovněž uvedeny v provozním deníku jehož kopie je uvedena v příloze č. 1.

## 6.2. Metodika a návrh zkoušek

1. Pro ověření kvality naneseného chromátového povlaku navrhuji tyto zkoušky, metodické postupy a značení vzorků dle tabulky 6.2.1..

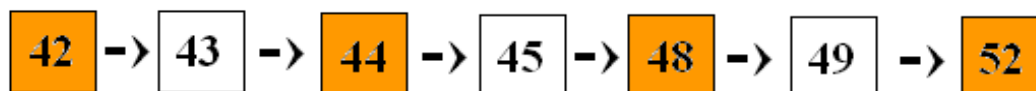
| č.<br>vz. | specifikace povrchové úpravy a technologického postupu            | (TP)        |
|-----------|---|-------------|
| 00        | bez konverzního povlaku   | -           |
| 01        | konverzní povlak nanášený původní technologií fy Honeywell TP - 1 | tab. 6.1.1. |
| 02        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 2                   | tab. 7.1.1. |
| 03        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 3                   | tab. 7.1.2. |
| 04        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 4                   | tab. 7.1.3. |
| 05        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 5                   | tab. 7.1.4. |
| 06        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 6                   | tab. 7.1.5. |
| 07        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 7                   | tab. 7.1.6. |

Tab. 6.2.1. Specifikace značení vzorků pro experimentální zkoušky

2. Návrh změn technologických podmínek nanášení konverzního povlaku (chromátu).

- K získání kvalitního konverzního povlaku(chromátu) jsem se rozhodla změnit technologické podmínky doposud platného TP uvedeného v příloze č.11.

- Sestavné schéma změn parametrů stávající linky:



Pozn.: V rámci experimentu budou upravovány provozně technologické podmínky ve vanách 42, 44, 48, 52. Jednotlivé typy operací, doby trvání operací a teploty lázní budou pro přehlednost a snazší orientaci uvedeny v tab. 6.2.1. - tab. 6.2.7.

3. Makroskopické šetření a dokumentace základního materiálu a vizuálních změn konverzního povlaku (chromátu) po korozní zkoušce v solné mlze dle ČSN EN ISO 9227 vzorků povlakovaných experimentálně upravenou technologií pomocí digitálního fotoaparátu Olympus CAMEDIA C – 7070 WIDE ZOOM. Korozní zkoušky budou provedeny v solné komoře LIEBISCH S 400 MTR, typové číslo 41016101, GEBR. LIEBISCH GmbH&Co., Bielefeld, Německo.

Doba trvání solného testu je stanovena na 168 hodin. Vzorky byly hodnoceny oboustranně, dokumentována je vždy strana 1 a 2.[8]

4. Metalografické šetření základního materiálu, povrchu a tloušťky konverzního povlaku (chromátu) bude provedeno metodou příčného řezu pomocí světelné mikroskopie optického mikroskopu NEOPHOT 21, dokumentace za počítačové podpory Quick Photo Industrial 2.2. Příprava metalografického výbrusu bude

provedena na vybavení fy Struers. Zalévání za tepla a tlaku na laboratorním přístroji ProntoPress – 20 , broušení za mokra a leštění kompletem vybavení Tegra Pol-35, TegraForce – 5, TegraDoser - 5.

5. Podrobnější šetření anomálií na povrchu základního materiálu a nečistot na povrchu konverzního povlaku (chromátu) bude provedeno rastrovací elektronovou mikroskopií (REM) na mikroskopu typu JEOL JSM – 6490LV, který disponuje energiově dispersním analyzátozem (EDS) INCA x-act.

## 7 Dokumentace a vyhodnocení pro stanovenou metodiku a zkoušky

### 7.1 Experimentální návrhy technologických postupů chromátování

Typ operace, doba operace a teplota lázně je uvedena pro jednotlivé experimenty v tab. 7.1.1 – tab.7.1.6. Během procesu experimentálního povlakování dle uvedených technologických postupů byly zaznamenány použité časy a teploty do provozního deníku viz příloha č.1.

| Technologický postup – experimentální TP - 2 |              |                     |                     |
|--|--------------|---------------------|---------------------|
| číslo vany                                   | operace      | doba operace v min. | teplota lázně ve °C |
| 42   | odmaštění    | 15:02               | 62,5                |
| 43   | oplach       |                     |                     |
| 44   | vyjasnění    | 15:04               | 28                  |
| 45   | oplach       |                     |                     |
| 48   | chromátování | 1:32                | 28                  |
| 49   | oplach       |                     |                     |
| 52   | horký oplach | 5:03                | 41,9                |

Tab. 7.1.1 Experimentální TP použitý pro povlakování vz. č. 02

| Technologický postup – experimentální TP - 3 |              |                     |                     |
|--|--------------|---------------------|---------------------|
| číslo vany                                   | operace      | doba operace v min. | teplota lázně ve °C |
| 42   | odmaštění    | 16:16               | 66,2                |
| 43   | oplach       |                     |                     |
| 44   | vyjasnění    | 15:02               | bez požad.          |
| 45   | oplach       |                     |                     |
| 48   | chromátování | 1:32                | 28,1                |
| 49   | oplach       |                     |                     |
| 52   | horký oplach | 5:03                | 42,7                |

Tab. 7.1.2 Experimentální TP použitý pro povlakování vz. č. 03

| Technologický postup - experimentální TP - 4 |              |                     |                     |
|--|--------------|---------------------|---------------------|
| číslo vany                                   | operace      | doba operace v min. | teplota lázně ve °C |
| 42   | odmaštění    | 15:01               | 64,1                |
| 43   | oplach       |                     |                     |
| 44   | vyjasnění    |                     |                     |
| 45   | oplach       |                     |                     |
| 48   | chromátování | 1:31                | 29,5                |
| 49   | oplach       |                     |                     |
| 52   | horký oplach |                     |                     |

Tab. 7.1.3 Experimentální TP použitý pro povlakování vz. č. 04



| Technologický postup - experimentální TP - 5 |              |                     |                     |
|--|--------------|---------------------|---------------------|
| číslo vany                                   | operace      | doba operace v min. | teplota lázně ve °C |
| 42   | odmaštění    | 10:02               | 64,2                |
| 43   | oplach       |                     |                     |
| 44   | vyjasnění    |                     |                     |
| 45   | oplach       |                     |                     |
| 48   | chromátování | 2:30                | 29,5                |
| 49   | oplach       |                     |                     |
| 52   | horký oplach |                     |                     |

Tab. 7.1.4 Experimentální TP použitý pro povlakování vz. č. 05

| Technologický postup - experimentální TP - 6 |              |                     |                     |
|--|--------------|---------------------|---------------------|
| číslo vany                                   | operace      | doba operace v min. | teplota lázně ve °C |
| 42   | odmaštění    | 10:02               | 64,2                |
| 43   | oplach       |                     |                     |
| 44   | vyjasnění    |                     |                     |
| 45   | oplach       |                     |                     |
| 48   | chromátování | 3:30                | 29,5                |
| 49   | oplach       |                     |                     |
| 52   | horký oplach |                     |                     |

Tab. 7.1.5 Experimentální TP použitý pro povlakování vz. č. 06

| Technologický postup - experimentální TP - 7 |              |                     |                     |
|--|--------------|---------------------|---------------------|
| číslo vany                                   | operace      | doba operace v min. | teplota lázně ve °C |
| 42   | odmaštění    | 16:03               | 64,5                |
| 43   | oplach       |                     |                     |
| 44   | vyjasnění    |                     |                     |
| 45   | oplach       |                     |                     |
| 48   | chromátování | 3:31                | 29,5                |
| 49   | oplach       |                     |                     |
| 52   | horký oplach |                     |                     |

Tab. 7.1.6 Experimentální TP použitý pro povlakování vz. č. 07

## 7.2. Makroskopická prezentace výsledků korozních zkoušek vzorků č. 01 – č. 07

Hodnocení a dokumentace korozní odolnosti konverzního povlaku bylo provedeno po uplynutí doby 168 zátěžového testu v solné mlze, která je tvořena 5% roztokem chloridu sodného. Teplota zkoušky je dle ČSN EN ISO 9227 stanovena na 35 °C, umístění vzorků v komoře bylo závěsové. [8]



Obr. 7.2.1 Vzorek č. 01/1 celoplošný výskyt korozních zplodin šířící se z bodových anomálií, povlak kopíruje rýhy základního materiálu  
povlakováno dle TP1 – nevyhovující



Obr. 7.2.2 Vzorek č. 01/2 celoplošný výskyt korozních zplodin, šířící se z bodových anomálií, provozní nečistoty, povlakováno dle TP1 – nevyhovující



Obr. 7.2.3 Vzorek č. 02/1 celoplošný výskyt korozních zplodin šířící se z bodových anomálií, povlak kopíruje rýhy základního materiálu  
povlakováno dle TP2 – nevyhovující



Obr. 7.2.4 Vzorek č. 02/2 celoplošný výskyt korozních zplodin šířící se z bodových anomálií, výskyt míst bez povlaku, předpokládaná bodová koroze základního materiálu, povlakováno dle TP2 – nevyhovující



Obr. 7.2.5 Vzorek č. 03/1 povlak bez korozních produktů, nepatrné vizuální změny způsobené technologií povlakování, povlakováno dle TP3 – vyhovující



Obr. 7.2.6 Vzorek č. 03/2 povlak bez korozních produktů na obou stranách vzorku, nepatrné vizuální změny způsobené technologií povlakování, povlakováno dle TP3 – vyhovující



Obr. 7.2.7 Vzorek č. 04/1 místní výskyt korozních zplodin šířící se z bodových anomálií, povlak se špatnou přilnavostí, při manipulaci docházelo k otěru povlaku, povlakováno dle TP4 – nevyhovující



Obr. 7.2.8 Vzorek č. 04/2 zřetelný výskyt bodové koroze základního materiálu, korozní odolnost byla prokazatelně ovlivněna sorpcí procesních chemikálií, povlakováno dle TP4 – nevyhovující



Obr. 7.2.9 Vzorek č. 05/1 ojedinělý výskyt korozních zplodin šířící se z bodových anomálií, povlakováno dle TP5 – nevyhovující



Obr. 7.2.10 Vzorek č. 05/2 viditelné vady základního materiálu, tyto do značné míry zapříčinily ztrátu korozní odolnosti, povlakováno dle TP5 – nevyhovující



Obr. 7.2.11 Vzorek č. 06/1 celoplošný výskyt korozních zplodin šířící se z bodových anomálií, povlakováno dle TP6 – nevyhovující



Obr. 7.2.12 Vzorek č. 06/2 celoplošný výskyt korozních zplodin šířící se z bodových anomálií, povlakováno dle TP6 – nevyhovující





Obr. 7.2.13 Vzorek č. 07/1 celoplošný výskyt korozních zplodin šířící se z bodových anomálií, povlakováno dle TP7 – nevyhovující



Obr. 7.2.14 Vzorek č. 07/2 celoplošný výskyt korozních zplodin šířící se z bodových anomálií, povlakováno dle TP7 – nevyhovující

Shrnutí:

Vyhovujících výsledků korozní odolnosti dosáhl vzorek č.03, který byl povlakován dle TP03. V tomto případě byl povlak bez korozních produktů na obou stranách vzorku, nepatrné vizuální změny byly způsobené technologií povlakování.

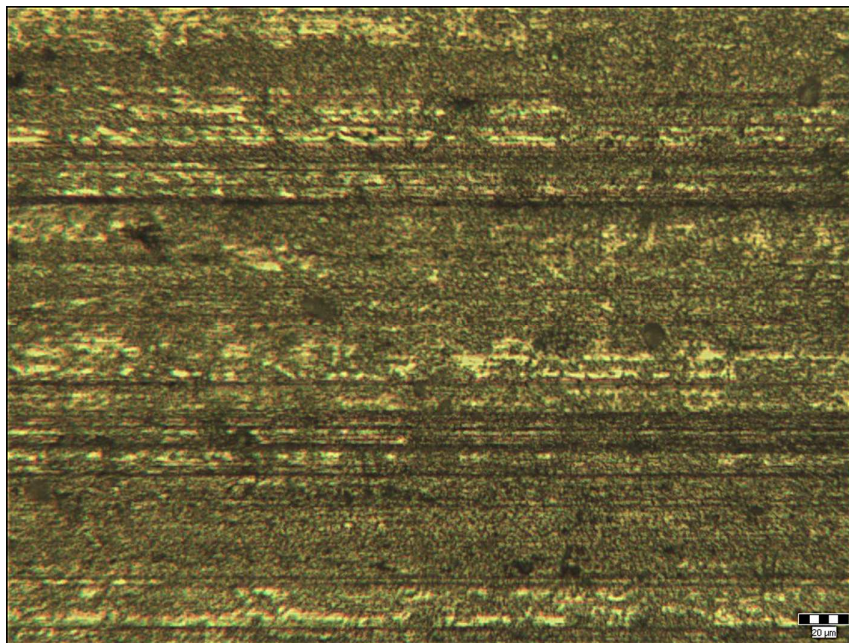
### **7.3 Dokumentace metalografických šetření - mikroskopická**

Pro metalografická šetření byla na základě výsledků korozních zkoušek dle předchozí kapitoly 7.2 provedena selekce vzorků a pro další experimentální činnosti byly vybrány vzorky 00 – 03. Metalografický výbrus bude připraven ze vzorků č. 00 – č.07 popis vzorků je uveden v tab. 7.3.1.

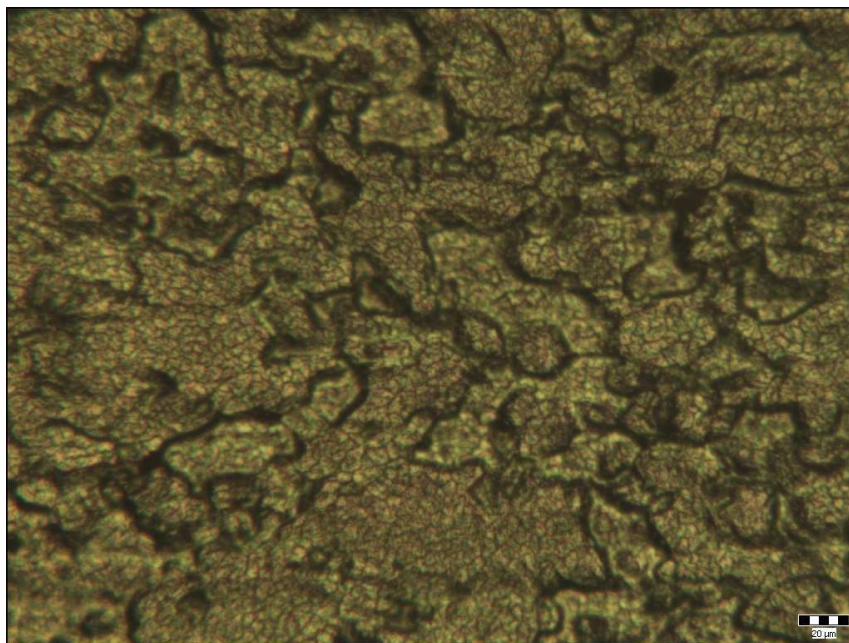
Mikroskopická dokumentace bude zaměřena na povrchové vady konverzního povlaku, kontrolu kvality základního materiálu s ohledem na předpokládaný výskyt bodové, důlkové a interkrystalické koroze. Rovněž bude provedeno měření tloušťky konverzního povlaku a kontrola rovnoměrnosti naneseného povlaku.

| č.<br>vz. | Charakteristika povlaku dle technologického postupu               | korozní<br>odolnost<br>p.ú. |
|-----------|---|-----------------------------|
| 00        | bez konverzního povlaku   | -                           |
| 01        | konverzní povlak nanášený původní technologií fy Honeywell TP - 1 | nevyhovující                |
| 02        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 2                   | nevyhovující                |
| 03        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 3                   | vyhovující                  |
| 04        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 4                   | nevyhovující                |
| 05        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 5                   | nevyhovující                |
| 06        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 6                   | nevyhovující                |
| 07        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 7                   | nevyhovující                |

tab. 7.3.1 Specifikace vzorků pro metalografická šetření



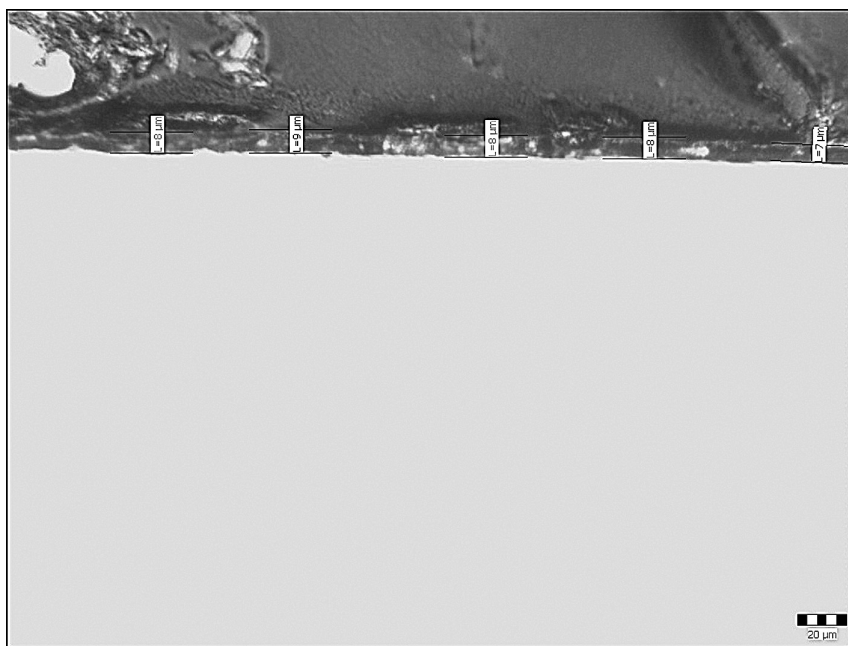
Obr. 7.3.1 Vzorek č. 01, viditelná místa bez povlaku, rýhy po válcování, přeložky, důlky, korozní produkty (M 200 : 1)



Obr. 7.3.2 Vzorek č. 01, vizualizace konverzního povlaku, důlky, korozní produkty M (500 : 1)



Obr. 7.3.3 Vzorek č. 01 dokumentace rovnoměrně vyloučeného chromátu, ve zkoumané oblasti základního materiálu nebyly patrné známky korozního napadení M (200 : 1)

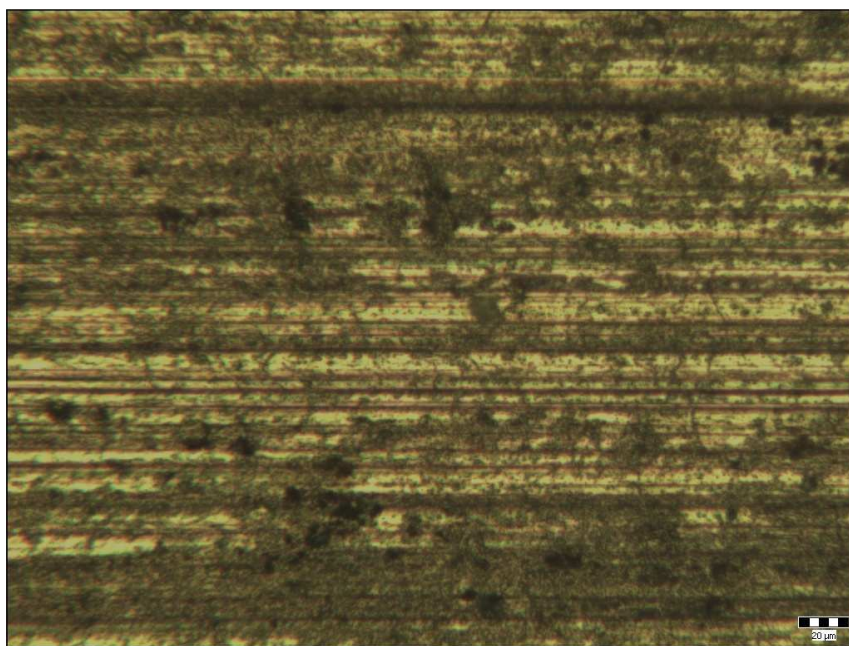


Obr. 7.3.4 Vzorek č. 01, dokumentace měření tloušťky konverzního povlaku M (200 : 1)

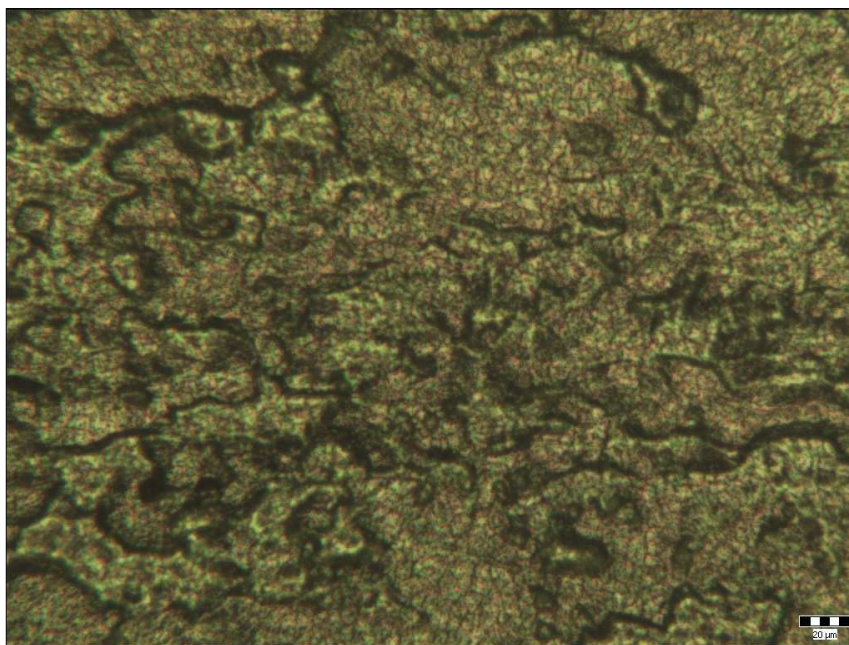
| Typ objektu | Druh měření | Číslo měření | Hodnota | Jednotky | Statistiky  |       |    |
|-------------|-------------|--------------|---------|----------|---|-------|----|
| Úsečka      | Délka       | 1            | 9       | μm       | Veličina  | Délka |    |
| Úsečka      | Délka       | 2            | 9       | μm       | Počet měření  | 10    |    |
| Úsečka      | Délka       | 3            | 8       | μm       | Střední hodnota   | 8,2   | μm |
| Úsečka      | Délka       | 4            | 9       | μm       | Sm. odchylka  | 0,7   | μm |
| Úsečka      | Délka       | 5            | 9       | μm       | Pozn:<br><br>tloušťka povlaku byla ovlivněna<br>nerovnoměrností povrchu základního<br>materiálu a v oblastech stop po<br>válcování, nejmenší naměřená<br>hodnota tl. byla 2μm |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 6            | 8       | μm       |   |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 7            | 7       | μm       |   |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 8            | 8       | μm       |   |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 9            | 7       | μm       |   |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 10           | 8       | μm       |   |       |    |

Tab. 7.3.2 Naměřené hodnoty tloušťky povlaku vzorku č. 01

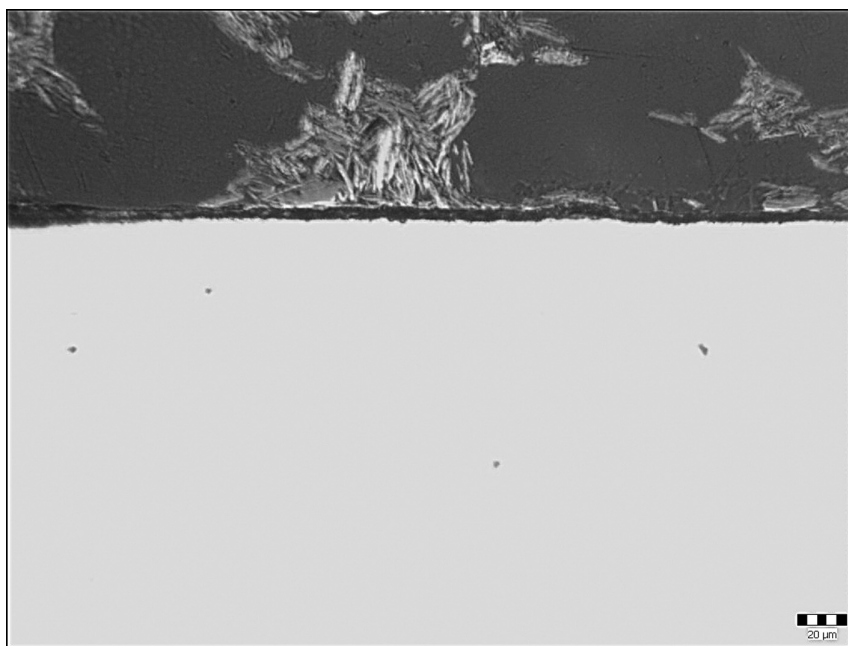




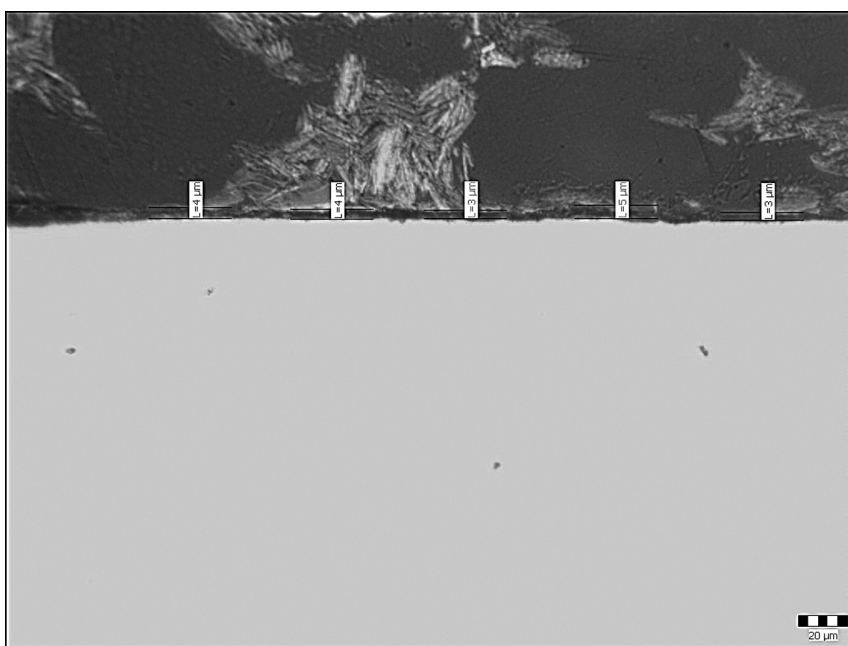
Obr. 7.3.5 Vzorek č. 02, viditelná místa bez povlaku, rýhy po válcování, přeložky, důlky, korozní produkty (M 200 : 1)



Obr. 7.3.6 Vzorek č. 02, vizualizace konverzního povlaku, důlky, korozní produkty M (500 : 1)



Obr. 7.3.7. Vzorek č. 02, dokumentace vyloučeného chromátu, ve zkoumané oblasti základního materiálu byly patrné známky důlkové koroze korozního napadení M (200 : 1)

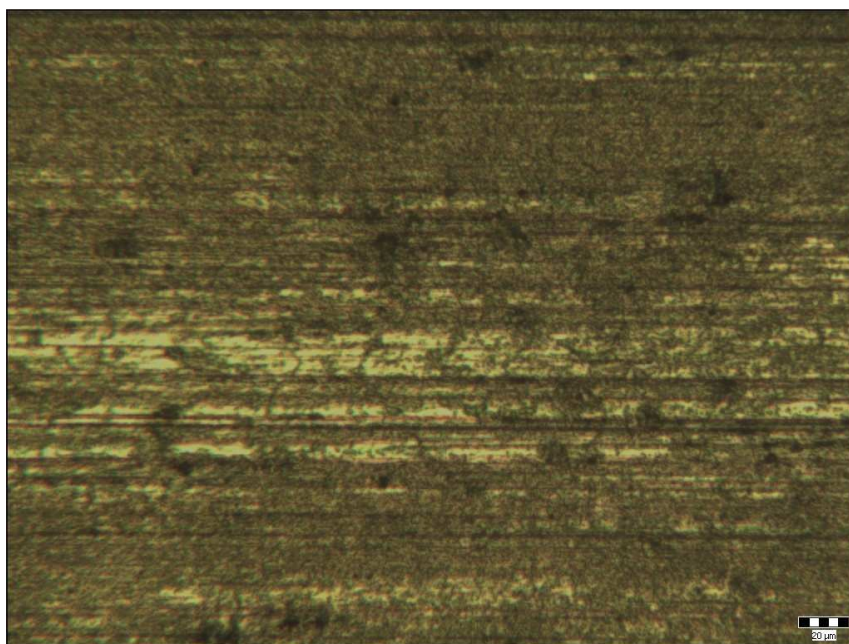


Obr. 7.3.8. Vzorek č. 02, dokumentace měření tloušťky konverzního povlaku M (200 : 1)

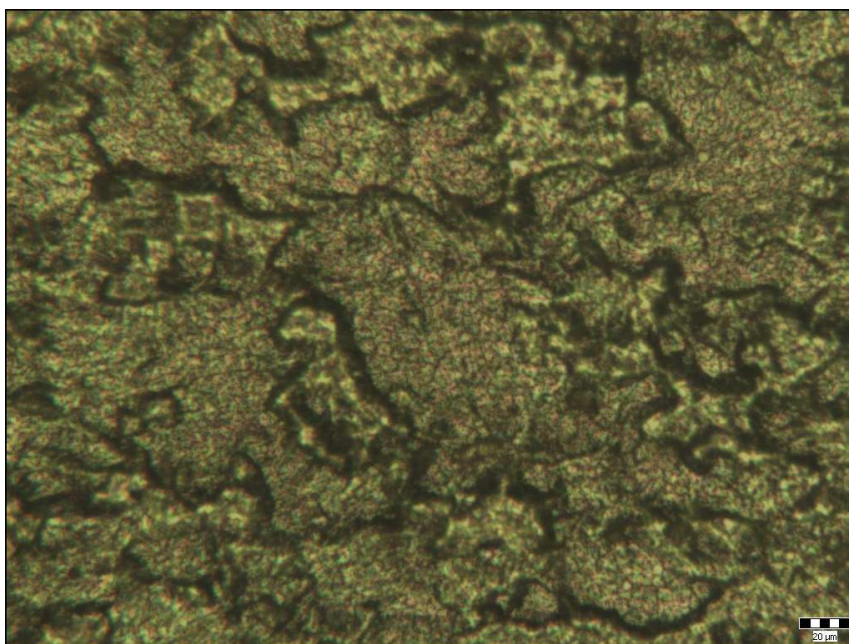
| Typ objektu | Druh měření | Číslo měření | Hodnota | Jednotky | Statistiky   |       |    |
|-------------|-------------|--------------|---------|----------|--|-------|----|
| Úsečka      | Délka       | 1            | 5       | μm       | Veličina   | Délka |    |
| Úsečka      | Délka       | 2            | 4       | μm       | Počet měření   | 10    |    |
| Úsečka      | Délka       | 3            | 5       | μm       | Střední hodnota  | 4,4   | μm |
| Úsečka      | Délka       | 4            | 4       | μm       | Sm. odchylka   | 0,8   | μm |
| Úsečka      | Délka       | 5            | 5       | μm       | Pozn:<br>tloušťka povlaku byla nerovnoměrně<br>nanесena, některé ojedinělé oblasti<br>viz obr. 7.3.7, levý horní roh,<br>dosahovaly hodnot 8 μm tloušťky |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 6            | 3       | μm       |  |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 7            | 5       | μm       |  |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 8            | 5       | μm       |  |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 9            | 3       | μm       |  |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 12           | 5       | μm       |  |       |    |

Tab. 7.3.3 Naměřené hodnoty tloušťky povlaku vzorku č. 02

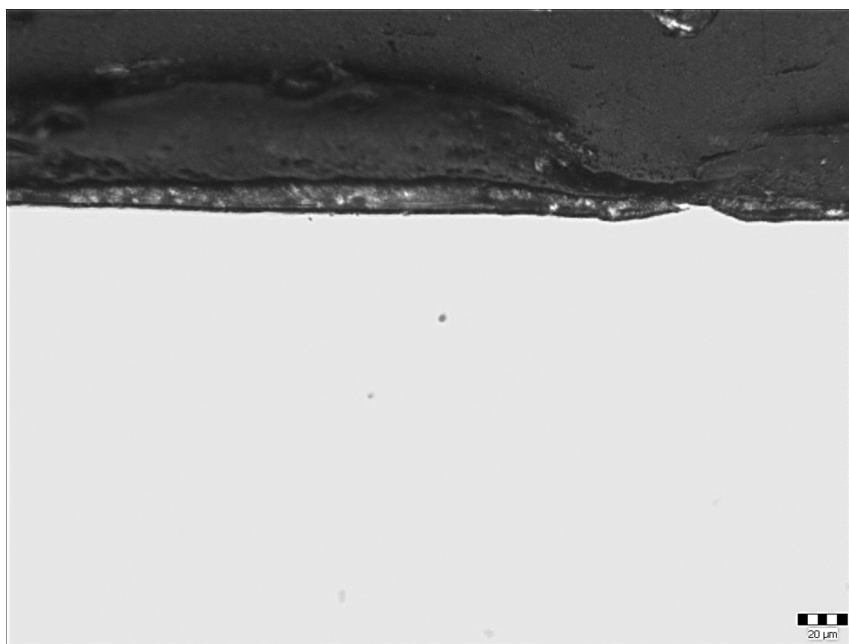




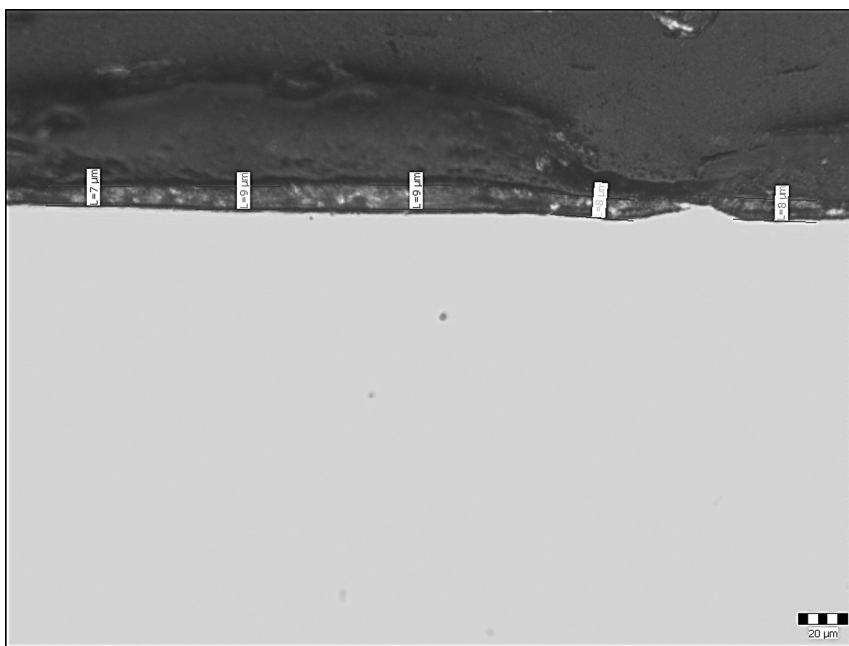
Obr. 7.3.9 Vzorek č. 03, povlak překrývá a utěsňuje viditelné rýhy po válcování, přeložky, důlky jiné anomálie základního materiálu (M 200 : 1)



Obr. 7.3.10 Vzorek č. 03, vizualizace konverzního povlaku, důlky, korozní produkty jsou překryty konverzním povlakem M (500 : 1)



Obr. 7.3.11 Vzorek č. 03, dokumentace naneseného chromátu, nerovnoměrnosti základního na povrchu materiálu, přeložky  
M (200 : 1)



Obr. 7.3.12 Vzorek č. 02, dokumentace měření tloušťky konverzního povlaku M (200 : 1)

| Typ objektu | Druh měření | Číslo měření | Hodnota | Jednotky | Statistiky   |       |    |
|-------------|-------------|--------------|---------|----------|--|-------|----|
| Úsečka      | Délka       | 1            | 8       | μm       | Veličina   | Délka |    |
| Úsečka      | Délka       | 2            | 8       | μm       | Počet měření   | 10    |    |
| Úsečka      | Délka       | 3            | 9       | μm       | Střední hodnota  | 8     | μm |
| Úsečka      | Délka       | 4            | 8       | μm       | Sm. odchylka   | 0,9   | μm |
| Úsečka      | Délka       | 5            | 7       | μm       | Pozn:<br><br>tloušťka povlaku byla ovlivněna<br>nerovnoměrností povrchu základního<br>materiálu, v oblastech přeložek a<br>stop po válcování, byla<br>min.naměřená hodnota 1μm |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 6            | 7       | μm       |  |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 7            | 10      | μm       |  |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 8            | 8       | μm       |  |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 9            | 8       | μm       |  |       |    |
| Úsečka      | Délka       | 10           | 7       | μm       |  |       |    |

Tab. 7.3.4 Naměřené hodnoty tloušťky povlaku vzorku č. 03

Shrnutí:

Během mých experimentů jsem zaznamenala lišící se parametry technologie nanášení povlaku, které mají vliv na jeho tloušťku - v průběhu experimentů jsem měnila parametry ve vanách s roztoky pro: odmaštění, vyjasnění, chromátování a oplach s výše uvedenými výsledky.

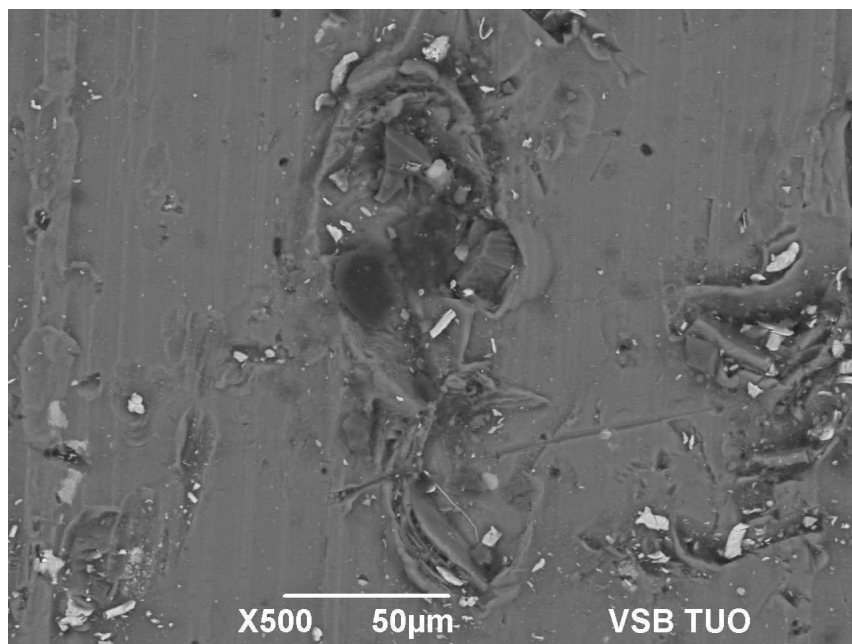
## 7.4 Prezentace výsledků rastrovací elektronové mikroskopie (REM) a EDS analýzy

Šetření povrchu pomocí rastrovací elektronové mikroskopie budou podrobeny povrchy vzorků jejichž popis je uveden v tabulce 7.4.1. Tyto vzorky byly vybrány na základě četnosti a různorodosti vad povrchů nejčastěji se vyskytujících v průběhu experimentální činnosti.

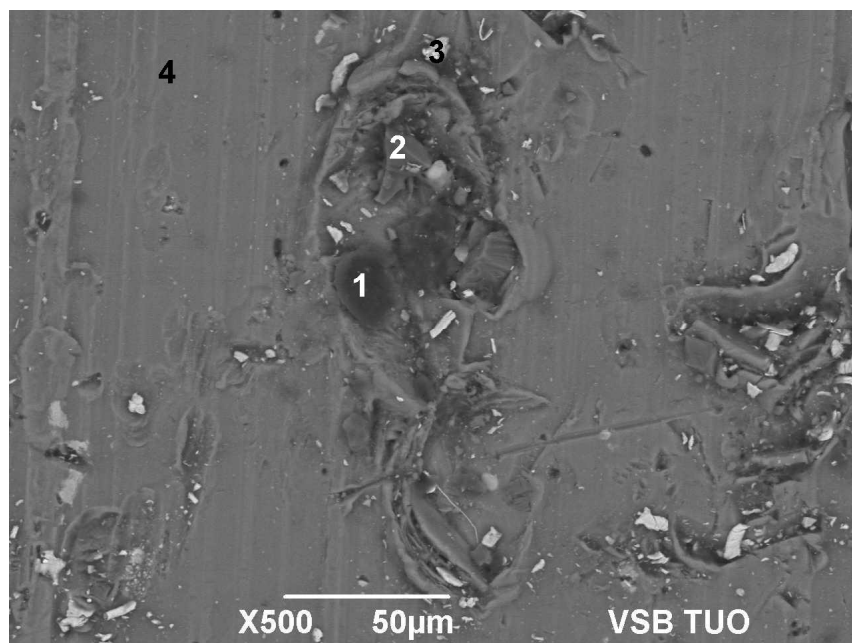
V oblastech výskytu anomálií základního materiálu a rovněž povlaku budou provedeny energiově dispersní analýzy a grafy těchto analýz, které dotvářejí představu o podílech prvků v analyzovaných oblastech a tím podpoří identifikaci příčiny nevyhovujících výsledků korozní odolnosti konverzního povlaku(chromátu).

| č.<br>vz. | specifikace povrchové úpravy a technologického postupu             | korozní<br>odolnost<br>p.ú. |
|-----------|--|-----------------------------|
| 00        | bez konverzního povlaku  | -                           |
| 01        | konverzní povlak nanášený původní technologií Fy. Honeywell TP - 1 | nevyhovující                |
| 03        | konverzní povlak nanášený experimentálně TP - 3                    | vyhovující                  |

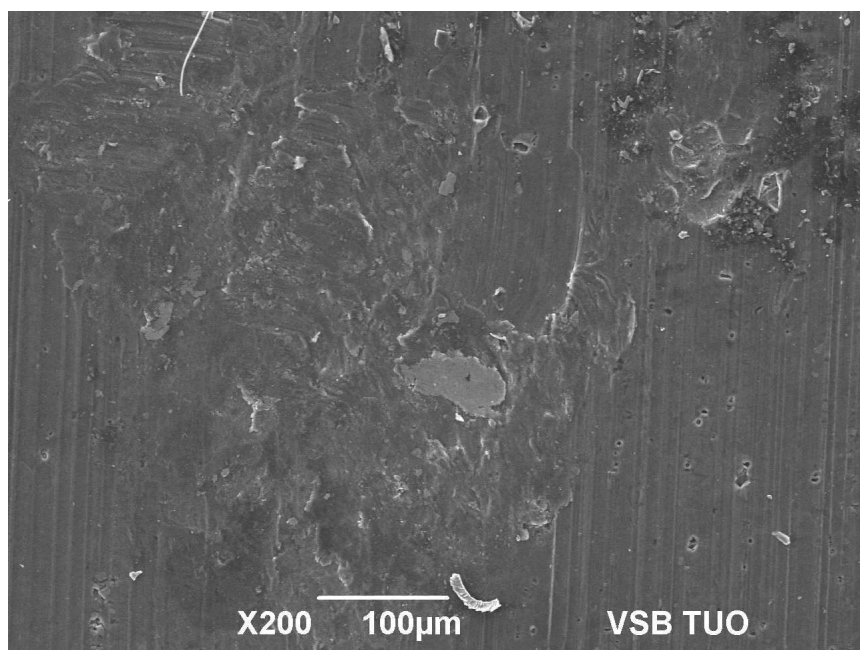
Tab. 7.4.1 Specifikace volených zástupců vzorků pro REM a EDS analýzy



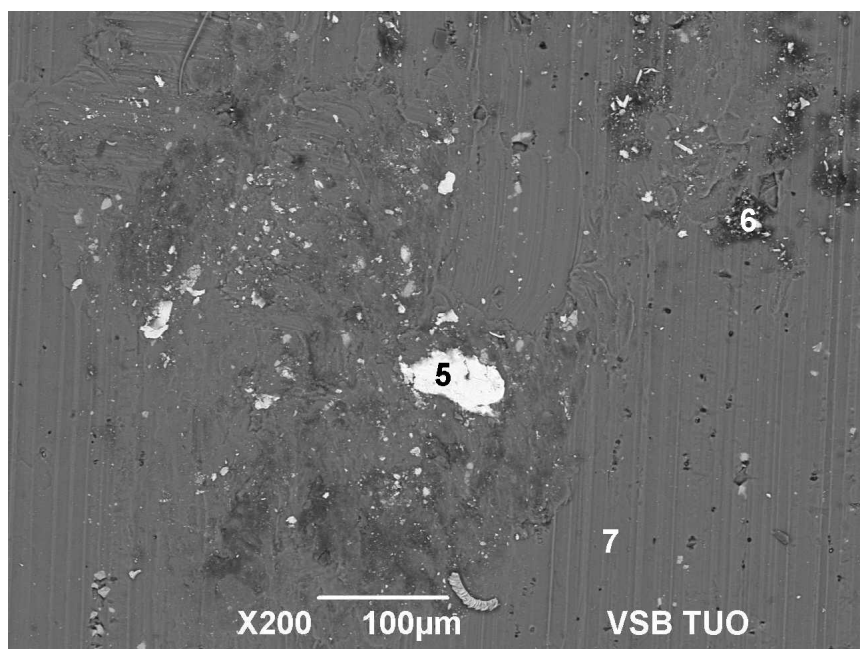
Obr. 7.4.1 Vzorek č. 00 dokumentace povrchových vad základního materiálu prachové částice, technologicko provozní poškození povrchu



Obr. 7.4.2 Vzorek č. 00 značení detekovaných vad základního materiálu



Obr. 7.4.3 Vzorek č. 00 dokumentace anomálií povrchu základního materiálu, důlky, přeložky, povrchové nečistoty a provozní poškození



Obr. 7.4.4 Vzorek č. 00 značení detekovaných vad základního materiálu

## Weight %

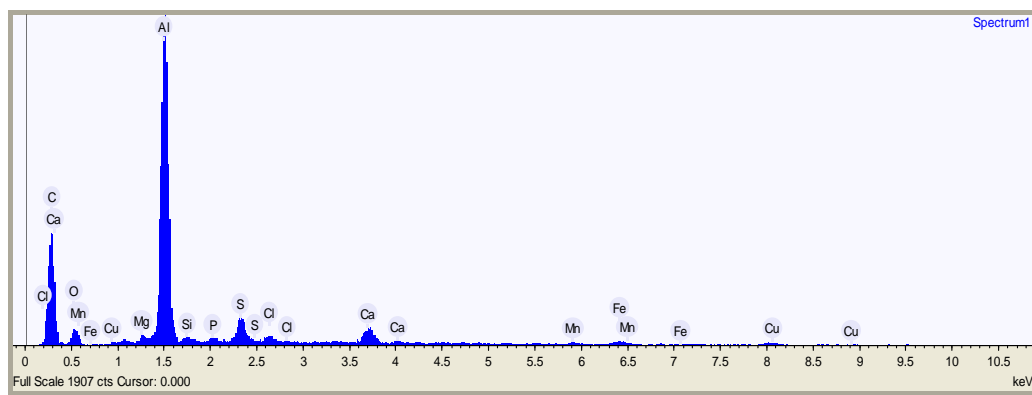
| Name             | O     | Mg   | Al    | Si   | P    | S    | Cl   | Ca   | Ti   | Cr   | Mn   | Fe    | Ni    | Cu   |
|------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| <b>Spectrum1</b> | 18,52 | 1,16 | 55,19 | 1,31 | 1,43 | 6,97 | 2,02 | 4,93 |      |      | 1,27 | 2,72  |       | 4,49 |
| <b>Spectrum2</b> | 44,62 |      | 53,46 |      |      |      |      |      | 0,88 |      |      | 1,04  |       |      |
| <b>Spectrum3</b> | 3,98  |      | 3,17  |      |      |      |      |      |      |      | 0,73 | 92,12 |       |      |
| <b>Spectrum4</b> | 5,45  | 1,70 | 89,37 |      |      |      |      |      |      |      | 0,48 |       |       | 2,99 |
| <b>Spectrum5</b> | 2,52  |      | 1,05  |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 96,43 |      |
| <b>Spectrum6</b> | 24,39 | 1,95 | 40,51 | 1,46 |      | 2,24 |      | 0,56 |      | 1,79 |      | 25,07 |       | 2,04 |
| <b>Spectrum7</b> | 5,79  | 1,80 | 88,59 |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       | 3,82 |

Tab. 7.4.2 INCA x – act. procentuální hmotnostní podíly prvků v analyzované oblasti

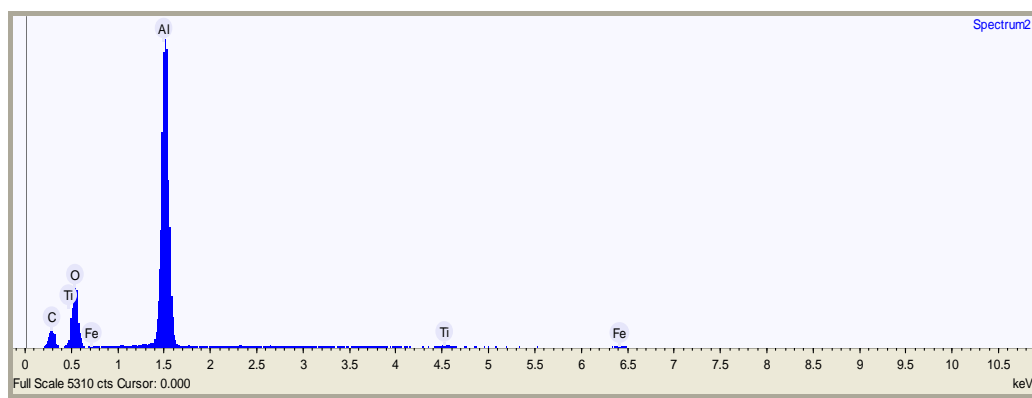
## Atomic %

| Name             | O     | Mg   | Al    | Si   | P    | S    | Cl   | Ca   | Ti   | Cr   | Mn   | Fe    | Ni    | Cu   |
|------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| <b>Spectrum1</b> | 29.81 | 1.23 | 52.67 | 1.20 | 1.19 | 5.60 | 1.46 | 3.17 |      |      | 0.59 | 1.25  |       | 1.82 |
| <b>Spectrum2</b> | 58.02 |      | 41.21 |      |      |      |      |      | 0.38 |      |      | 0.39  |       |      |
| <b>Spectrum3</b> | 12.27 |      | 5.79  |      |      |      |      |      |      |      | 0.65 | 81.28 |       |      |
| <b>Spectrum4</b> | 9.02  | 1.85 | 87.65 |      |      |      |      |      |      |      | 0.23 |       |       | 1.25 |
| <b>Spectrum5</b> | 8.57  |      | 2.12  |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 89.31 |      |
| <b>Spectrum6</b> | 40.57 | 2.14 | 39.96 | 1.38 |      | 1.86 |      | 0.37 |      | 0.91 |      | 11.95 |       | 0.86 |
| <b>Spectrum7</b> | 9.58  | 1.96 | 86.87 |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       | 1.59 |

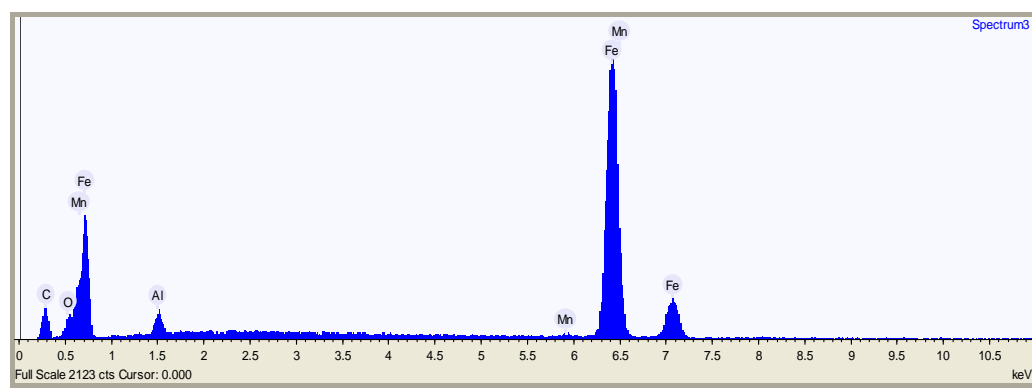
Tab. 7.4.3 INCA x – act. procentuální atomární podíly prvků v analyzované oblasti



Graf 7.4.1. Dotváří představu podílů prvků v analyzované oblasti 1 obr. 7.4.2

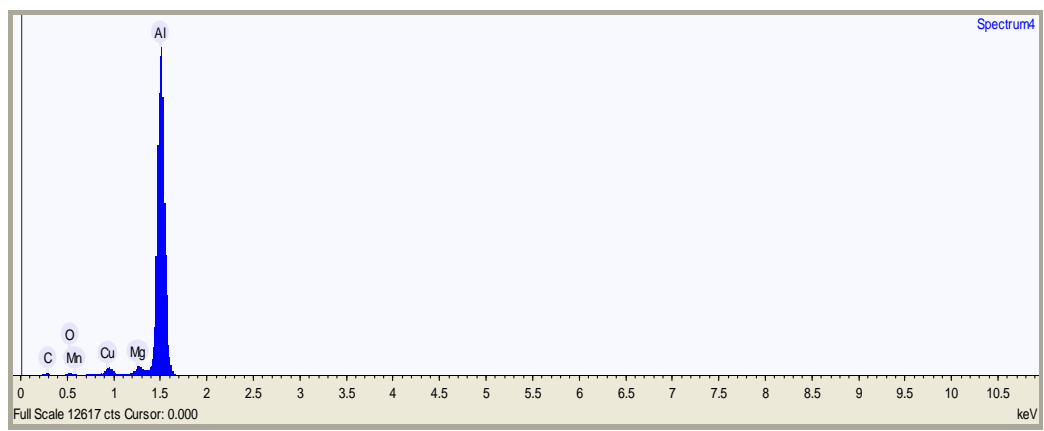


Graf 7.4.2 Dotváří představu podílů prvků v analyzované oblasti 2 obr. 7.4.2

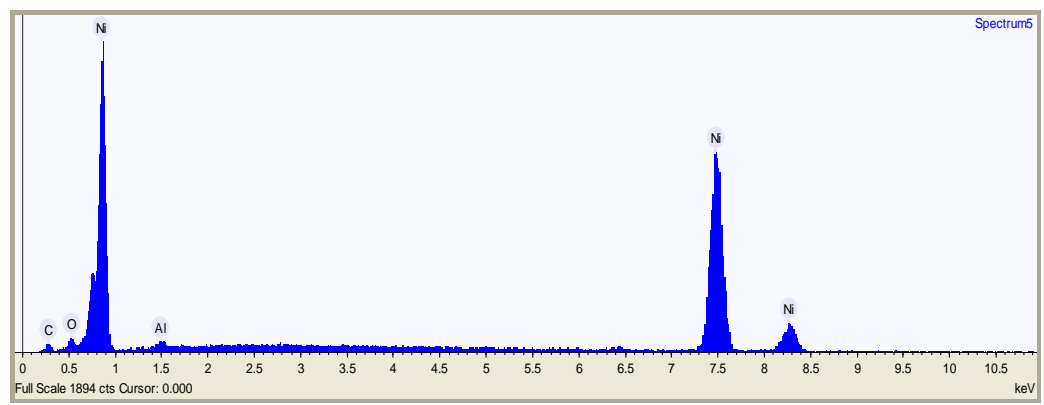


Graf 7.4.3 Dotváří představu podílů prvků v analyzované oblasti 3 obr. 7.4.2

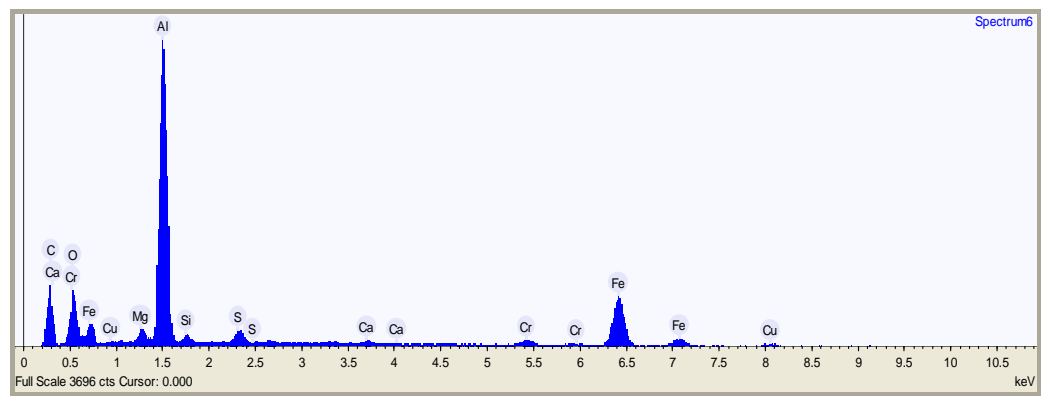




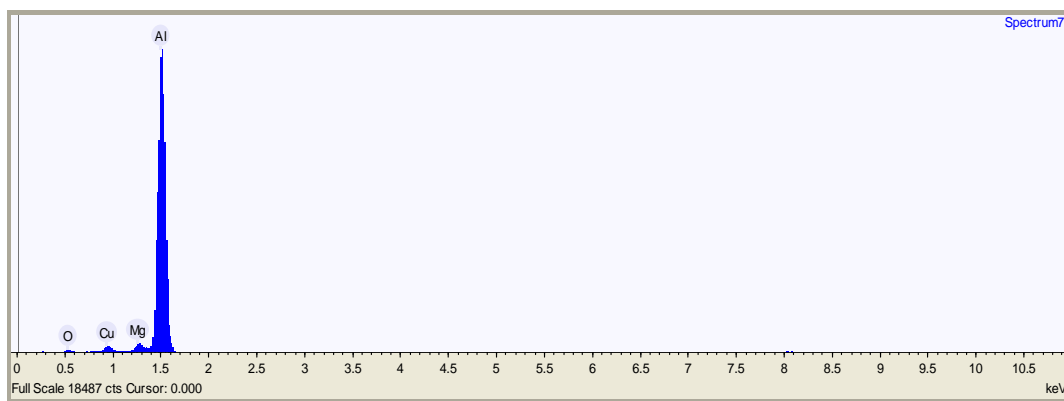
Graf 7.4.4 Dotváří představu podílů prvků v analyzované oblasti 4 obr. 7.4.2



Graf 7.4.5 Dotváří představu podílů prvků v analyzované oblasti 4 obr. 7.4.2.



Graf 7.4.6 Dotváří představu podílů prvků v analyzované oblasti 5 obr. 7.4.4

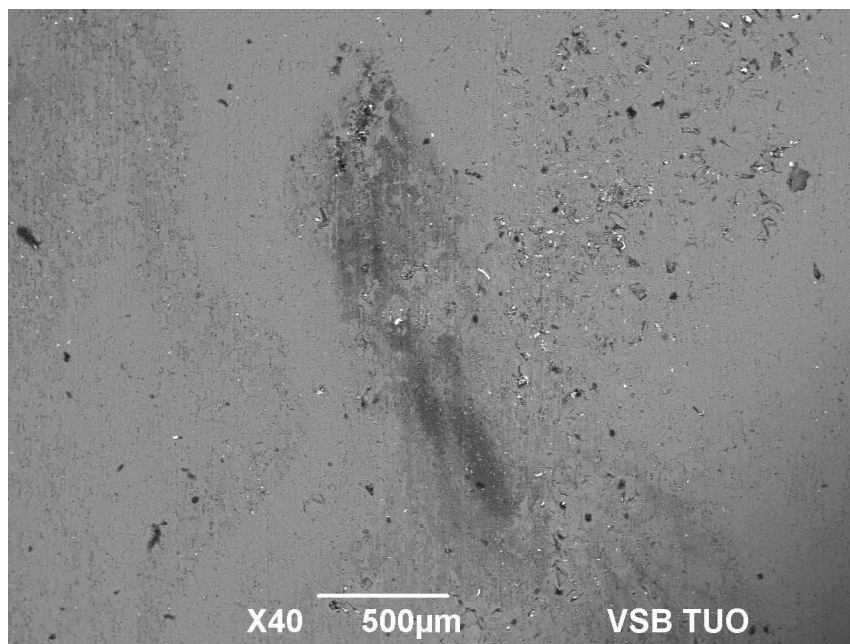


Graf 7.4.7 Dotváří představu podílů prvků v analyzované oblasti 4 obr. 7.4.4

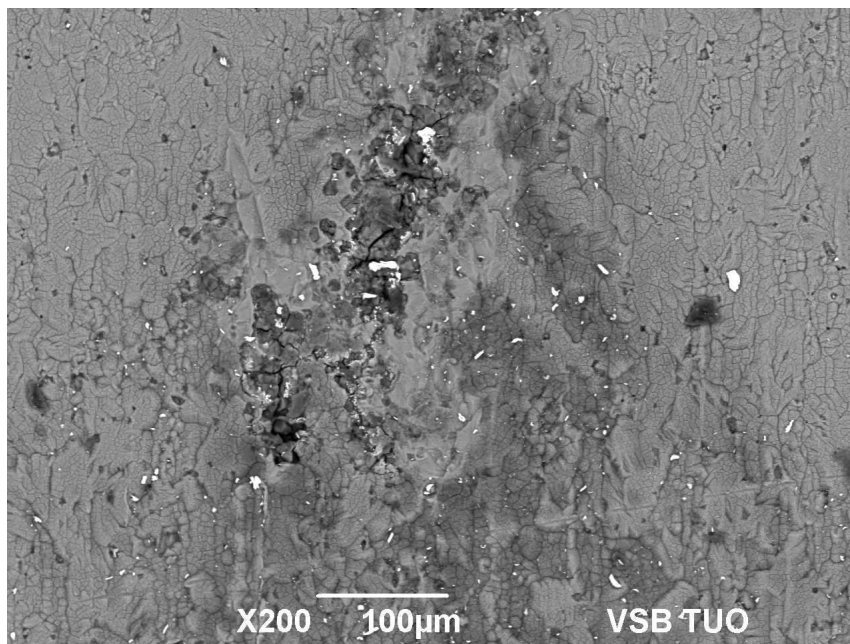
### Shrnutí:

Detekované oblasti s grafickou podporou utvářejí předpoklad vzniku valcářských vad, zátlačky nečistot atd. Jedná se zejména o provozní nečistoty zaválcované do povrchu základního materiálu, dále pak o souhrnný výskyt vad povrchu základního materiálu, mikropóry, póry, důlky, dutiny, přeložky, trhliny a v neposlední řadě interkrystalická koroze.

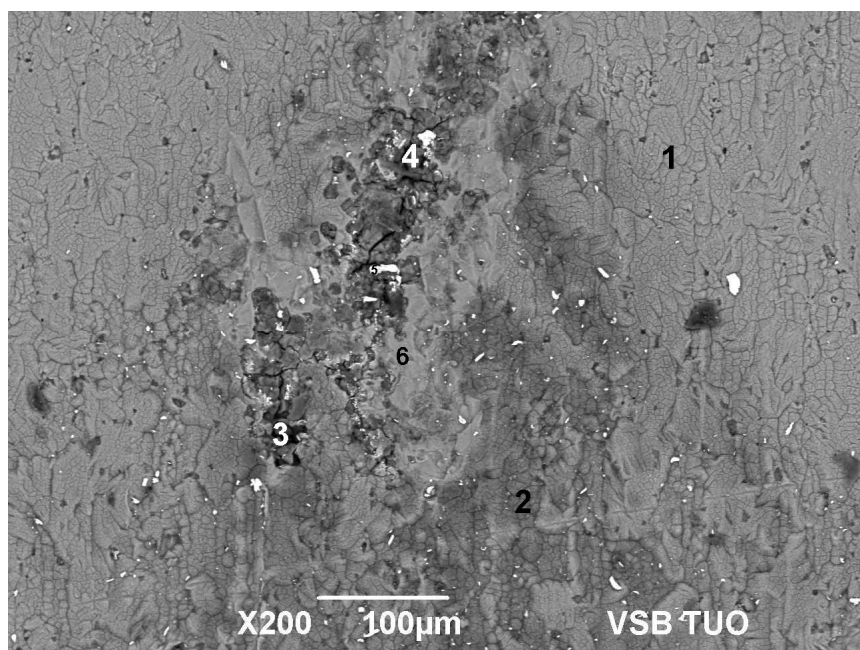
Tyto vady v součinnosti s nesprávnou volbou a nastavením provozních parametrů povlakování se ve výsledném efektu průběhu korozní zátěže projeví jako šetřené anomálie povrchu konverzního povlaku chromátu.



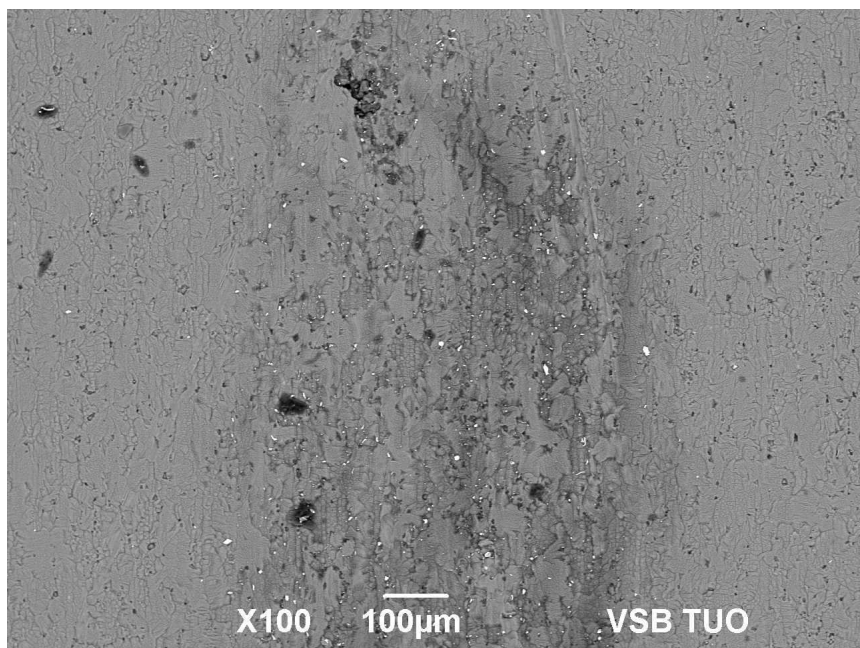
Obr. 7.4.5 Vzorek č. 03 vady povrchové vady základního materiálu jsou překryty dostatečnou vrstvou chromátu, přesto jsou patrný vizuální změny vzhledu způsobené vztlínáním ulpěných chemikálií z procesu povlakování



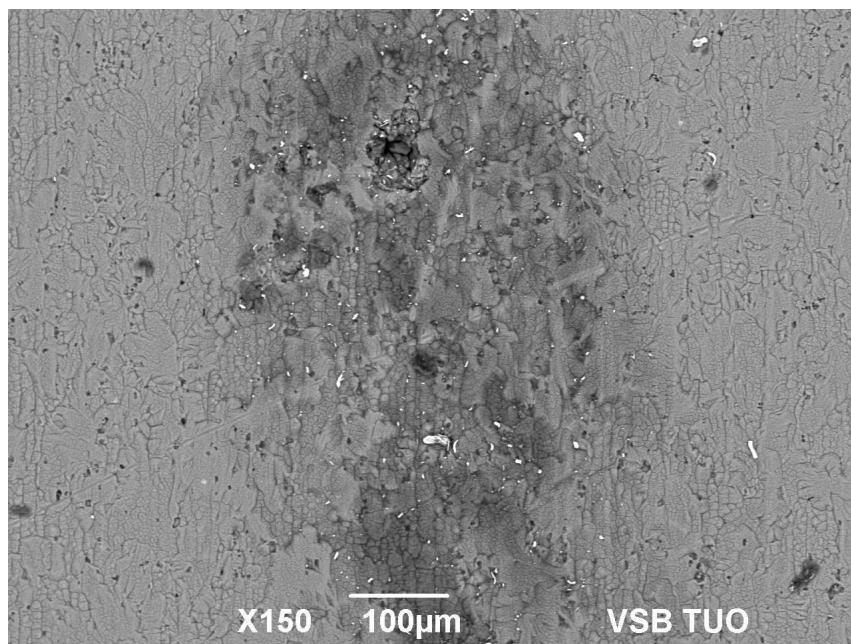
Obr. 7.4.6 Vzorek č. 03 interkrystalická koroze základního materiálu, v místech důlkové koroze, změny povlaku způsobené sorpcí provozních chemikálií



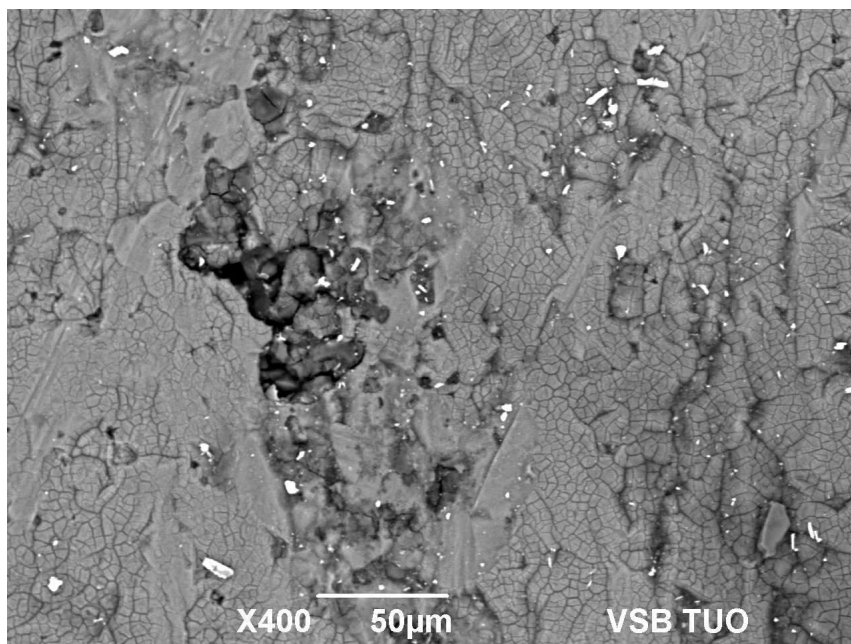
Obr. 7.4.7. Vzorek č. 03 značení detekovaných vad základního materiálu a povlaku



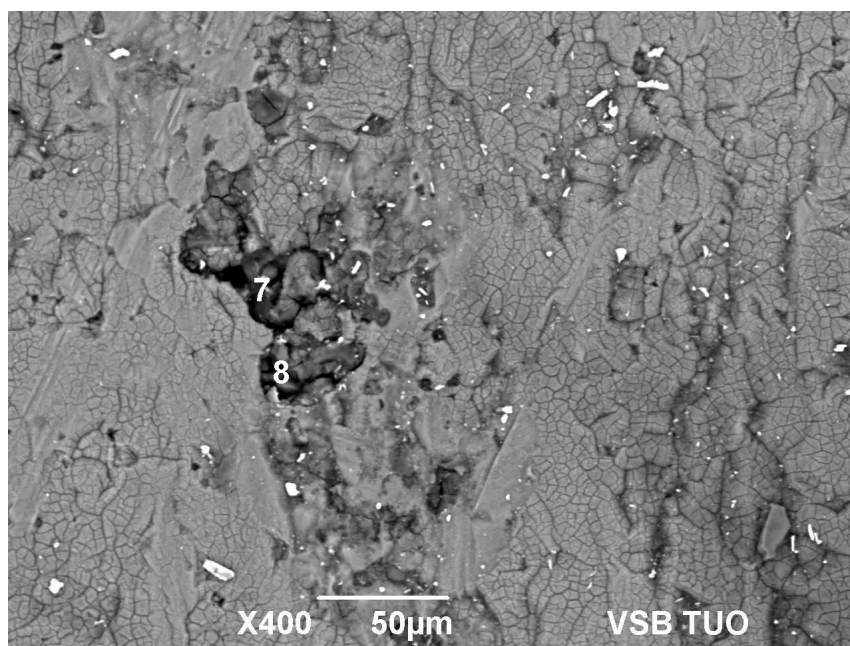
Obr. 7.4.8 Vzorek č. 01 dokumentace mechanického poškození povrchu a změn vzhledu povlaku v důsledku vztlínajících provozních chemikálií z procesu povlakování (spektrum 1-6)



Obr. 7.4.9 Vzorek č. 01 dokumentace mechanického poškození povrchu a změn vzhledu povlaku v důsledku vztlínajících provozních chemikálií z procesu povlakování, prvotní zárodky bodové a důlkové koroze, mikropóry a mikrotrhliny.



Obr. 7.4.10 Vzorek č. 01 dokumentace mechanického poškození povrchu a změn vzhledu povlaku v důsledku vztlínajících provozních chemikálií z procesu povlakování, prvotní zárodky bodové a důlkové koroze, mikropóry a mikrotrhliny v povlaku, interkrystalická koroze.



Obr. 7.4.11 Vzorek č. 01 detekovaná místa vad základního materiálu a povlaku  
(spektrum 7,8)

### Weight %

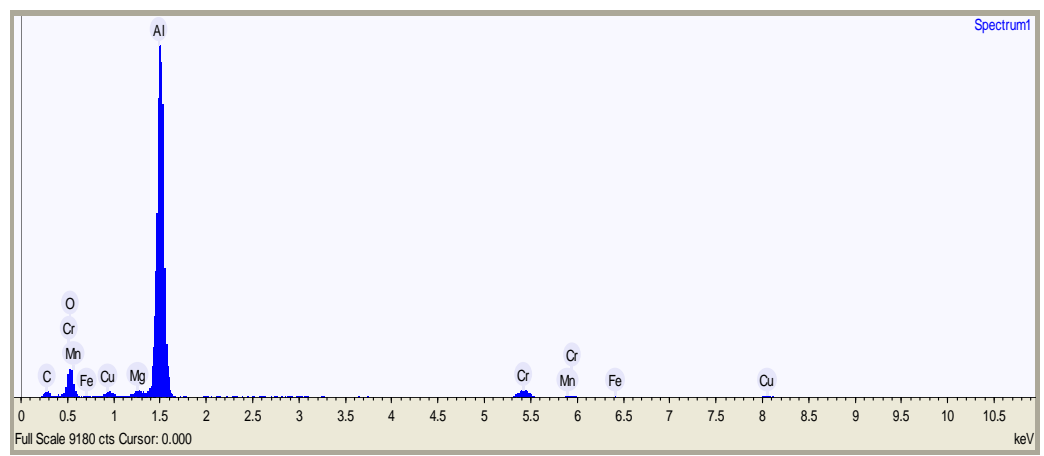
| Name      | O     | Mg   | Al    | Si   | S    | Cl   | Ca   | Cr   | Mn   | Fe    | Cu    |
|-----------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Spectrum1 | 25,01 | 0,81 | 65,08 |      |      |      |      | 5,00 | 0,55 | 0,70  | 2,86  |
| Spectrum2 | 40,38 | 0,38 | 48,83 |      | 0,50 | 0,57 |      | 5,76 |      | 1,29  | 2,30  |
| Spectrum3 | 43,49 |      | 39,10 | 1,15 | 2,45 |      |      |      |      |       | 13,82 |
| Spectrum4 | 60,64 |      | 29,34 |      | 0,64 | 0,61 |      | 0,43 |      |       | 8,35  |
| Spectrum5 | 7,43  |      | 2,24  |      |      |      |      |      |      | 90,33 |       |
| Spectrum6 | 3,21  | 1,23 | 91,09 |      |      |      |      |      | 0,50 |       | 3,97  |
| Spectrum7 | 52,47 |      | 24,88 |      | 0,63 | 0,42 | 0,50 | 3,60 |      | 2,71  | 14,78 |
| Spectrum8 | 50,83 |      | 34,13 |      | 0,38 | 0,31 |      | 6,01 |      | 2,49  | 5,85  |

Tab. 7.4.4 INCA x – act. procentuální hmotnostní podíly prvků v analyzované oblasti

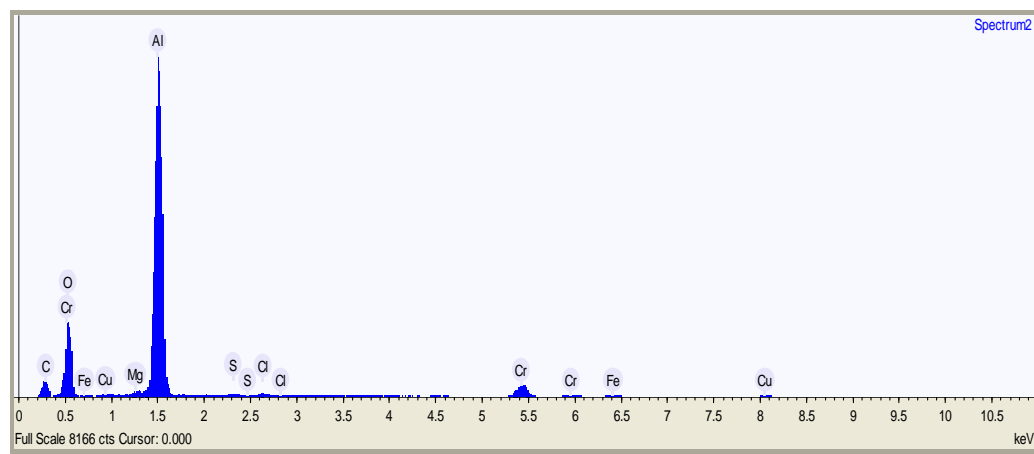
## Atomic %

| Name      | O     | Mg   | Al    | Si   | S    | Cl   | Ca   | Cr   | Mn   | Fe    | Cu   |
|-----------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Spectrum1 | 37.46 | 0.80 | 57.82 |      |      |      |      | 2.30 | 0.24 | 0.30  | 1.08 |
| Spectrum2 | 55.46 | 0.34 | 39.77 |      | 0.35 | 0.35 |      | 2.43 |      | 0.51  | 0.79 |
| Spectrum3 | 60.38 |      | 32.19 | 0.91 | 1.70 |      |      |      |      |       | 4.83 |
| Spectrum4 | 74.99 |      | 21.51 |      | 0.40 | 0.34 |      | 0.16 |      |       | 2.60 |
| Spectrum5 | 21.45 |      | 3.84  |      |      |      |      |      |      | 74.72 |      |
| Spectrum6 | 5.42  | 1.37 | 91.28 |      |      |      |      |      | 0.25 |       | 1.69 |
| Spectrum7 | 71.35 |      | 20.06 |      | 0.43 | 0.26 | 0.27 | 1.51 |      | 1.06  | 5.06 |
| Spectrum8 | 67.38 |      | 26.83 |      | 0.25 | 0.18 |      | 2.45 |      | 0.94  | 1.95 |

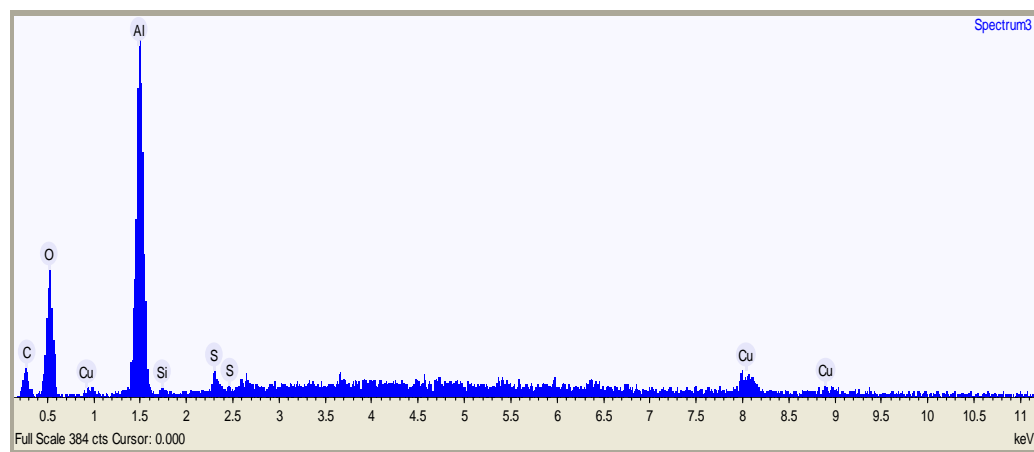
Tab. 7.4.5 INCA x – act. procentuální atomární podíly prvků v analyzované oblasti



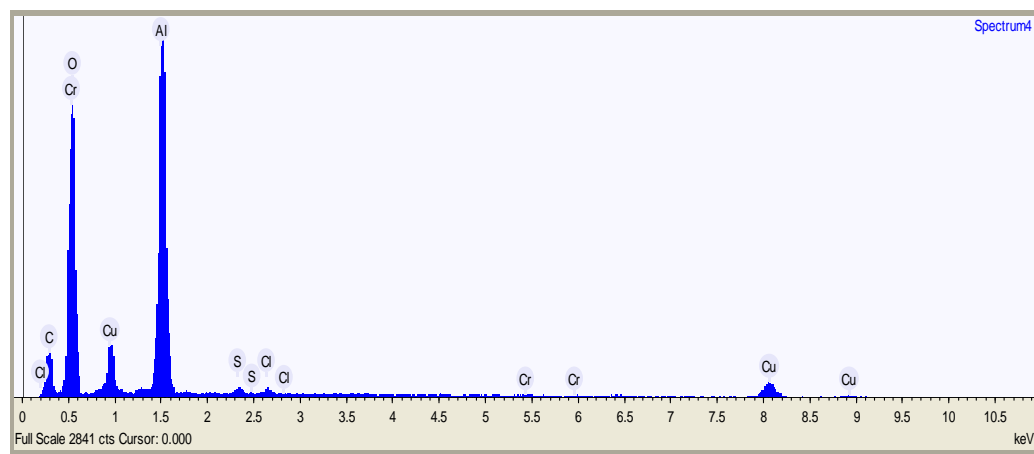
Graf 7.4.8 Podíl prvků v analyzované oblasti 1 vzorku č.03, obr. 7.4.7



Graf 7.4.9 Podíl prvků v analyzované oblasti 2 vzorku č.03, obr. 7.4.7

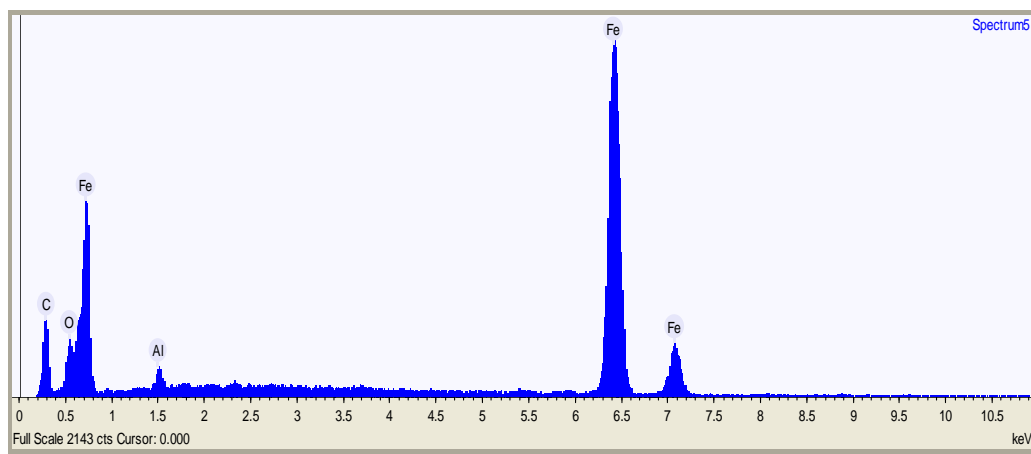


Graf 7.4.10 Podíl prvků prvků v analyzované oblasti 3 vzorku č.03, obr. 7.4.7

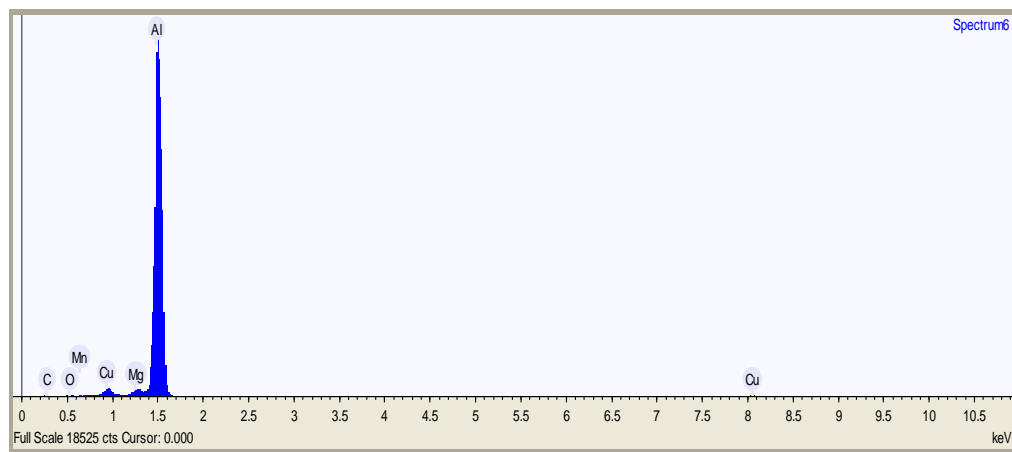


Graf 7.4.11 Podíl prvků v analyzované oblasti 4 vzorku č.03, obr. 7.4.7

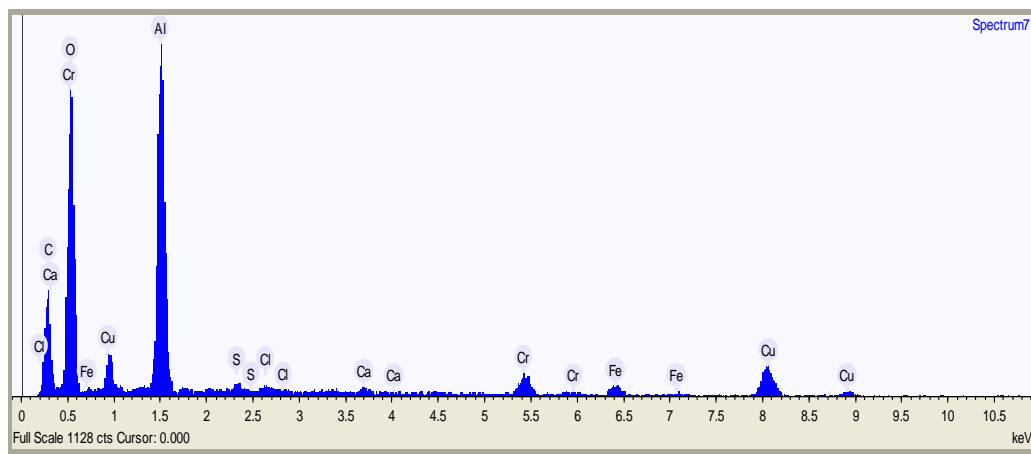




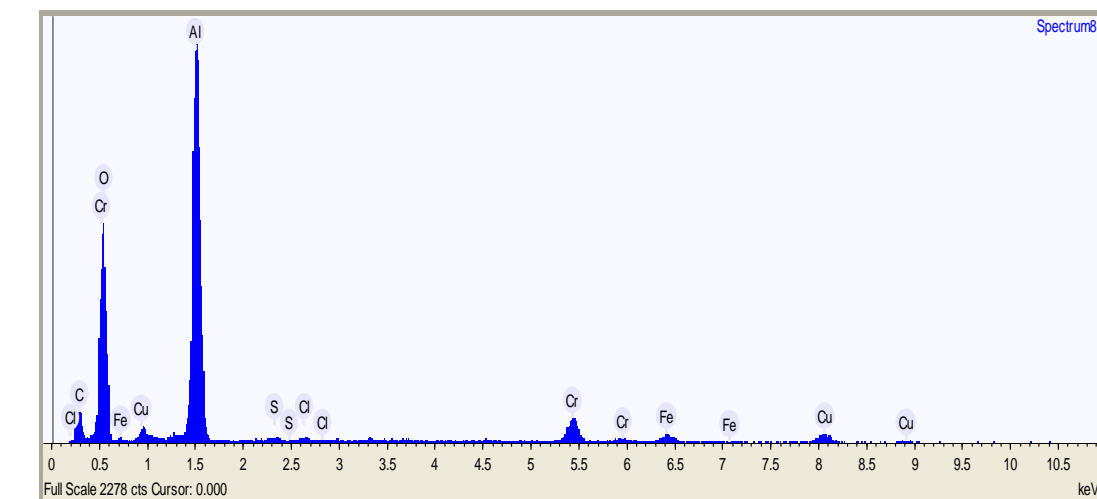
Graf 7.4.12 Podíl prvků v analyzované oblasti 5 vzorku č.03, obr. 7.4.7



Graf 7.4.13 Podíl prvků v analyzované oblasti 6 vzorku č.03, obr. 7.4.7



Graf 7.4.14 Podíl prvků v analyzované oblasti 7 vzorku č.01, obr. 7.4.11



Graf 7.4.15 Podíl prvků v analyzované oblasti 8 vzorku č.01 obr. 7.4.11

Shrnutí:

Povrchové vady povlaku a snížení korozní odolnosti povlaku bylo způsobeno povrchovými jevy, které jsou důsledkem valcářských vad při výrobě základního materiálu vzorků (plechů).

Jedná se zejména o provozní nečistoty zaválcované do povrchu základního materiálu, dále pak o souhrnný výskyt vad povrchu základního materiálu, mikropóry, póry, důlky, dutiny, přeložky, trhliny a v neposlední řadě interkrystalická koroze.

Tyto vady v součinnosti s nesprávnou volbou a nastavením provozních parametrů povlakování se ve výsledném efektu průběhu korozní zátěže projeví jako šetřené anomálie povrchu konverzního povlaku (chromátu).

## 8 Zhodnocení a závěr

Cílem experimentální části je stanovení příčiny a specifikace povrchových vad konverzního povlaku (chromátu) dodaných vzorků fy Honeywell a navržení metodiky vedoucí k eliminaci těchto anomálií a povrchových vad.

Vady povrchu se projeví v průběhu korozní zkoušky v solné mlze dle ČSN EN ISO 9297 a jsou určujícím faktorem hendikepu povrchové úpravy, která tímto nedosahuje stanoveného parametru korozní odolnosti 168 hodin bez vizuální změny povrchu. Konverzním povlakem je v mé experimentální části povlak chromu s obsahem  $\text{Cr}^{+6}$ .

K řešení bylo nutné provést rozbor stávající technologie nanášení povlaku chromátu s obsahem  $\text{Cr}^{+6}$  a v experimentální části byl proveden návrh nové technologie nanášení povlaku a aplikace této technologie.

Těmito experimenty bylo zjištěno, že vady povlaku a snížení korozní odolnosti povlaku bylo způsobeno povrchovými jevy, které jsou důsledkem valcářských vad vzniklých během výrobního procesu základního materiálu vzorků (plechů).

Jedná se zejména o provozní nečistoty zaválcované do povrchu základního materiálu, dále pak o souhrnný výskyt vad povrchu základního materiálu, mikropóry, póry, důlky, dutiny, přeložky, trhliny a v poslední řadě interkrystalická koroze.

Tyto vady v součinnosti s nesprávnou volbou a nastavením provozních parametrů povlakování se ve výsledném efektu průběhu korozní zátěže projeví jako šetřené anomálie povrchu konverzního povlaku (chromátu), které zůstanou i nadále předmětem dalších experimentů.

Přesto vidím přínos v řešení této bakalářské práce (a to i s pominutím vad vstupního primárního materiálu) spíše v zaměření se na volbu optimálního technologického postupu.

Toto, jak je zřejmé z experimentální části, se podařilo při použití TP 3. Doporučuji však nadále pokračovat ve zvolených experimentech, což se mi k omezené době vypracování nepodařilo v celém rozsahu.

## 9 Seznam použité literatury:

- [1] CYRUS, Z., CHOCHOLOUŠEK, J., KRISTOFORY, F., VÍTEK, J. *Kurz galvanizérů 1, učební texty, Návodů do cvičení*. Ostrava: VŠB-TU 2000. 154 s.
- [2] OSTROHORSKÝ, Š. *Povrchová úprava hliníku - Gottwaldov 20-22.XI.1962*. Dom techniky při Slovenskej rade Čs.VTS pre účastníkov konferencie a pre služobnú potrebu strojárskych a chemických závodov. Bratislava: November 1962. 307 s.
- [3] MATYÁŠ, M.. *Povrchová oxidace kovů a slitin v plynném prostředí*. Praha: Nakl.ČsAV, 1958. 240 s.
- [4] Metals Handbook ninth edition – volume 5 – Surface clearing finish and rating, 82-13844 ISBN 0-87170-011-5
- [5] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Ostrava: VŠB- TU 1982.
- [6] MIL-DTL-5541 F : 2006.*Chemical conversion coatings on aluminium and aluminium alloys*.
- [7] AMS-QQ-A-250/4A :2007.*Aluminium Alloy 2024, Plate and Sheet*.
- [8] ASTM B 117-09 :2009. *Standard Practice for Operating Salt Spray.(FOG) Apparatus*.

## **Poděkování**

Děkuji mé konzultantce ve firmě Honeywell Ing. Petře Chludilové, mé rodině za podporu a všem, kteří přispěli cennými radami k tvorbě této práce, zejména Ing. Xenii Ševčíkové za odborné rady, materiálové podklady a informace k tématu mé bakalářské práce.

Děkuji také svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Františku Kristoforymu, CSc. za odborné vedení mé práce, poskytování rad a materiálových podkladů k práci.